Knaurs Geschichte der Technik

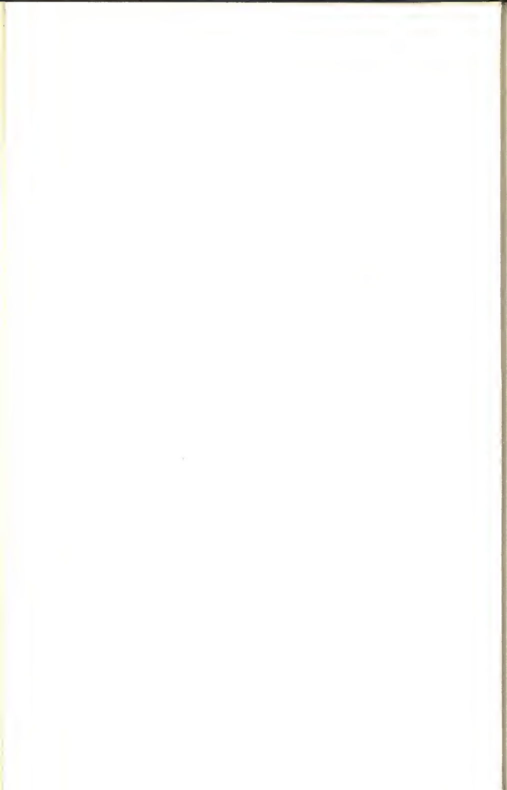






KNAURS GESCHICHTE

DER TECHNIK



Knaurs Geschichte der Technik

VON CARL GRAF VON KLINCKOWSTROEM

Mit 195 Abbildungen und 20 Tafeln



DEUTSCHER BÜCHERBUND
STUTTGART · HAMBURG

INHALT

TAFELVERZEICHNIS

VORWORT

Die Technik ist unser Schicksal ...
In oft grenzenlosem Optimismus erhofft man sich von der Technik und den Möglichkeiten, die sie der Wirtschaft, dem Verkehr, dem Alltags- und dem Gemeinschaftsleben des Menschen eröffnet, für die Zukunft ein Goldenes Zeitalter: immer höheren Lebensstandard, immer weniger Arbeit, immer mehr Freizeit. Und solche Optimisten gibt es in beiden Hälften unserer geteilten Welt.
Die Technik ist unser Schicksal ...
In oft trostlosem Pessimismus sieht man ein Zeitalter der Roboter heraufkommen, das den Menschen einer Massengesellschaft zum Sklaven seiner Automaten werden läßt, zum Sklaven der wenigen Herren, die an den Schalthebeln einer höchst perfektionierten Technik sitzen.
Die Technik ist unser Schicksal ...
Es ist nicht unsere Aufgabe, hier eine Philosophie der Technik zu schreiben. Wir wollen zeigen, wie die Technik zu dem geworden ist, was sie uns heute bedeutet: die Großmacht, die unser Leben in Arbeit und Freizeit prägt.

Wo kommen all die Dinge her, die wir tagaus, tagein gebrauchen? Wer waren eigentlich die Männer, denen wir all die Werkzeuge, Maschinen und Motoren, Verkehrsmittel und Bauten, denen wir fast all und jedes verdanken, was uns unentbehrlich geworden ist? Wie sind all die Erfindungen entstanden? Diese Fragen wollen wir hier beantworten.

Man hat gelegentlich gemeint, die Technik sei eigentlich etwas noch sehr Junges, im Grunde genommen entstanden aus dem gleichen Lebensgefühl und Tatendrang wie die moderne Naturwissenschaft – sie sei ein Kind also der Renaissance. Diese Ansicht ist sicher nicht richtig. Die Geschichte der Technik beginnt nicht erst mit dem Aufkommen der maschinellen Vorrichtungen im 16. und 17. Jahrhundert, auch nicht erst mit dem Beginn der «Metallzeit», wie Oswald Spengler es wollte. Sie beginnt mit dem ersten bewußt verwendeten Steinwerkzeug im Dämmer der Urzeit. Faustkeil und Hammer, Hebel und Rolle, Axt und Nadel, Tonkrug und Mühlstein, Handbohrer und Töpferscheibe, Webstuhl und Einbaum, Rad und Wagen – diese Ur-Erfindungen sind der Beginn dessen, was wir Technik nennen: Die Bewältigung der Natur zum Nutzen des Menschen.

So verliert sich die Historie der Technik im Dunkel der Urzeit, und langsam bleibt ihr Lauf durch die Jahrtausende und Jahrhunderte der Menschheitsgeschichte, bis sie dann mit dem Aufgang der Neuzeit immer schneller wird, gegen Ende des 18. Jahrhunderts schon merklich beschleunigt, um schließlich in unseren Tagen jene rapide Entwicklung zu nehmen, die wahrhaft atemberaubend ist.

Gerade um dieses sich überstürzenden Tempos willen, das so vielen bedrohlich erscheint, lohnt es sich, einmal zurückzublicken in die Vergangenheit der Technik. Denn staunend wird man dabei erkennen, wie weit oft die Wurzeln auch des scheinbar Allerneuesten in der Welt der Technik zurückreichen.

Erfinderische Ideen waren bis in unsere Zeit hinein das Geschenk von Einzelpersönlichkeiten an die Allgemeinheit; erst in unseren Tagen spielt das «Team» mit seiner gemeinsamen, planmäßigen Laboratoriums-, Konstruktions- und Entwicklungsarbeit von Forschern und Ingenieuren eine immer größere Rolle. Aber auch heute ist es oft noch ein weiter und nicht selten dornenvoller Weg zur praktischen Verwirklichung und Nutzung. Doch nicht nur die im Kopf des Genies zündende Idee, nicht nur das jahre- und jahrzehntelange Tüfteln und Basteln des Erfinders, nicht nur die «gezielte» Zusammenarbeit eines Teams führen zum Fortschritt der Technik. Auch der Zufall hat manchen Erfinder begünstigt. Allerdings mußte etwas hinzukommen, wenn eine zufällige Beobachtung wirklich fruchtbar werden sollte: Es mußten der Zufall und der richtige Kopf zusammentreffen, der das Geschenk des Augenblicks auch zu verstehen und zu nutzen wußte. So hat es schon um 1750 der französische Physiker Abbé Jean Antoine Nollet ausgesprochen. Und: «Nur der vermag einen Zufall zu packen und seinen Wert zu sehen, der das technische, wissenschaftliche oder künstlerische Problem in sich trägt, zu dem er die Lösung darbietet» (Otto Selz). Ein Beispiel für die Rolle des Zufalls in der Technikgeschichte ist – neben vielen anderen – die Entdeckung des Galvanismus durch den «Tanzmeister der Frösche», den Anatomen Luigi Galvani (1780); auch Daguerre, der Vater der Photographie, verdankte einem Zufall die Entdeckung, daß Quecksilberdämpfe die latenten Lichteindrücke auf seinen Silberplatten zum Vorschein brachten.

Daneben gibt es aber auch die «namenlosen Erfindungen» unbekannter Erfinder. Das gilt nicht nur von den «Ur-Erfindungen»; auch aus weit späteren Jahrhunderten sind viele wichtige Erfindungen sozusagen anonym geblieben: Wir wissen nicht, wer die Drehbank, den Schraubstock, das Zahnrad, den Draht und das Drahtziehen, die mechanische Hemmung in der Räderuhr (die «Waag»), den Trittwebstuhl, das Pulvergeschütz (die beide im 14. Jahrhundert plötzlich da sind) und manches andere erfunden hat. Aus dem werktätigen Schaffen des Menschen geboren, erscheinen diese großen Erfindungen eines Tages, und am nächsten sind sie schon selbstverständlich. Die Namen der Erfinder aber kündet keine Überlieferung. Vom ersten Auftreten all dieser Erfindungen wird selbstverständlich auch in dieser Geschichte der Technik die Rede sein.

Wo und wie aber haben wir die Technikhistorie einzuordnen in das

große Gebäude der Geschichte unserer Menschenwelt? George Sarton hat einmal gesagt, die Geschichte der Wissenschaften bildet das Gerippe der Kulturgeschichte. Wenn das richtig ist, so muß die Geschichte der Technik als der angewandten Naturwissenschaft wesentlicher Bestandteil der allgemeinen Kulturgeschichte sein, und das um so mehr, als die Technik die Um- und Eigenwelt des Menschen, sein gesellschaftliches Leben und seine Wirtschaft entscheidend mitbestimmt hat und weiter mitbestimmen wird. So können wir den Worten Carl Weihes beistimmen, der gesagt hat: «Wie die Kunst zur Kultur gehört, sie aber nicht allein bestimmt, so ist auch die Technik ein Kulturfaktor, der sich den anderen angliedert und sie durchdringt. Doch eine Vorzugsstellung hat die Technik: sie ist die notwendige Voraussetzung für jedes kulturelle Schaffen des Menschen, denn sie ermöglicht es ihm erst, sich aus dem tierischen Zustand zu erheben und über die Natur zu stellen.»

Für die Mehrzahl der Menschen sind, um noch einmal Sarton zu zitieren, die großen Katastrophen, sind Kriege, Hungersnöte, Revolutionen die bei weitem wichtigsten Geschehnisse, denn ihr Dasein wird durch solches Geschehen zutiefst in Mitleidenschaft gezogen. Galileis oder Newtons Entdeckungen hingegen verursachten kein Steigen der Lebensmittel- oder Mietpreise. Die Auswirkungen solcher Entdeckungen aber: die Erfindungen, sie wandeln früher oder später Gesichtskreis und Lebensweise des Menschen um, greifen ein in seinen Lebensstandard wie in das soziale Gefüge. Müssen sie also nicht als eminent wichtige Ereignisse der Weltgeschichte angesehen werden? «Die wesentliche Geschichte der Menschheit ist in weitem Ausmaß geheim. Die sichtbare Geschichte ist nichts als die lokale Szenerie, der ständig wechselnde und launenhafte Hintergrund der unsichtbaren Geschichte, die allein ökonomisch und fortschreitend ist.» Die unsichtbare Geschichte – dazu gehört in erster Linie das Wirken der Forscher und Techniker. Nicht die politischen Haupt- und Staatsaktionen, die den Vordergrund der Weltbühne mit ihrem Lärm erfüllen, sondern das stille Wirken der kulturellen Leistungen und geistigen Großtaten waren maßgebend und werden es bleiben für das Urteil, das vom Richterstuhl der Geschichte über die Zeiten und Völker gefällt wird.

So darf man einen Überblick über die bunte, an Gestalten, Gedanken und Ereignissen überreiche Geschichte der Technik als eine notwendige Ergänzung zu den sonst üblichen Darstellungen der Welt- und Kulturhistorie ansehen. Und darum ist hier auch versucht worden, der Wechselwirkung zwischen Technik, Wirtschaft und Kultur im Laufe der Zeiten nachzuspüren. Die Aufgabe war es, aus zahllosen großen und kleinen Mosaiksteinchen ein Bild zu formen. Zwiefach mußte dieses Bild sein: Einmal sollte es den Gang der technischen Entwicklung von der Urzeit

bis dorthin verfolgen, wo mit dem ausgehenden 19. Jahrhundert Technisierung, Mechanisierung und Industrialisierung unsere Welt von Grund auf umgestaltet haben. Zum zweiten war dann zu zeigen, wie die einzelnen großen Gebiete der Technik sich seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts entfaltet haben. Wenn in diesem zweiten, systematischen Teil oft auch in die nähere und weitere Vergangenheit zurückgegriffen wird, so hat das einen guten Grund: Immer wieder sollen wir erkennen, wie sehr das heute Geschehende aus dem Geschehenen kommt, die Gegenwart aus der Geschichte. Nur so nämlich können wir das, was heute in der Technik geschieht, wirklich ganz verstehen.

Aber noch ein Drittes möchte dieses Buch: Nicht nur die großen Erfinder und ihre Leistungen will es im geschichtlichen Zusammenhang darstellen; es will auch an die vielen Vergessenen erinnern, an die Vorläufer, die gescheiterten Genies, die Ahnenden, denen der sichtbare Erfolg nicht vergönnt war.

Die Technik ist unser Schicksal ...

Es kann kein Zweifel sein, daß in diesem Wort ein richtiger Kern steckt. Die Technik bestimmt in der Tat einen Großteil unserer Existenz. An uns aber liegt es, zu bestimmen, wie weit wir die Technik zu unserem Schicksal werden lassen wollen.

Dieses Buch zieht das Fazit aus einem Lebenswerk, das weitgehend der Technikgeschichte gewidmet gewesen ist. Vielen Freunden und Helfern habe ich zu danken, die mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben, besonders Herrn Fritz Bolle, München, der eine Reihe von Kapiteln überarbeitet und ergänzt hat.

Carl Graf von Klinckowstroem

URZEIT

Vom Feuergewinn zum Steinbeil

Prometheus war es, so erzählt der griechische Mythos, der Menschen aus Erde und Wasser schuf, ihnen gegen den Willen der Götter das Feuer vom Himmel brachte und sie alle Künste und Fertigkeiten lehrte. Hart wurde er dafür bestraft, daß er dem göttlichen Willen entgegengehandelt und die Allmacht der Unsterblichen geschmälert hatte, und auch an seinen Schützlingen, den Menschen, rächte sich dieser Frevel bitter. Zeus kettete Prometheus an einen Felsen; ein Adler benagte ohne Unterlaß die Leber des Titanensohnes, die in jeder Nacht neu wuchs.

Ein tiefer Sinn steckt in dieser alten Fabel. Erst mit dem Feuer wird der Mensch wirklich zu dem, was er unter dem Gesichtspunkt einer Technikhistorie heute noch ist: das Wesen, das die Energiequellen der Natur bewußt anzuwenden weiß. Man glaubt heute, sich vorstellen zu können, wann dies geschehen ist: vor etwa 400 000 Jahren. Älteste Feuerstellen hat man bei Peking gefunden, dazu Schädel und Skelette dieses *Sinanthropus* genannten Urmenschen, rohe Steingeräte sowie Zeugnisse dafür, daß der Pekingmensch Kannibale war. Als die Prometheustat des Feuergewinns gelungen war, da war auch die Kainstat des Brudermordes nicht mehr fern...

Doch bereits in der ausgehenden Tertiärzeit, vor rund einer Million Jahren, haben Wesen gelebt, tierhaft noch dem Schädelbau nach, aber schon mit aufrechtem Gang. Prähomininen, Halbmenschen, nennt die Wissenschaft diese Wesen aus dem «Tier-Mensch-Übergangsfeld». Vieles spricht dafür, daß sie Holzknüttel, Röhrenknochen, scharfkantige Muschelschalen, auch schon Steine als Waffe und Gerät führten.

«Mängelwesen» waren diese Vormenschen, denen all jene vielfältigen körperlichen oder im Instinkt verankerten Angriffs-, Wehr-, Flucht- und Schutzanpassungen fehlten, über die das Tier verfügt. Aber sie hatten dafür ein Gehirn, das höher entwickelt war als das aller Tiere. Dieses Gehirn war die Waffe, mit der sie ihre Umwelt meisterten, und es blieb die Waffe, mit der der Mensch sich die Natur unterworfen hat in jenem großartigen Prozeß, den die Geschichte der Technik nachzeichnet.

Nicht ohne Absicht nannten wir jene Holzknüttel, jene Knochen oder Kieferstücke «Geräte» und nicht «Werkzeuge». Denn Werkzeuggebrauch gibt es weithin auch im Tierreich. Das Gerät des Menschen unterscheidet sich vom Werkzeug des Tieres dadurch, daß es nicht nur für den jeweiligen Zweck zugerichtet wird, sondern bewußt für einen *zukünftigen* Gebrauch geschaffen wird. Der «Urmensch als Schöpfer» – so der Titel eines wich-



tigen Buches von Georg Kraft – war, wie die angelsächsische Forschung ihn nennt, der «toolmaker», der mit seinem «Gerät» all das ersetzte, was ihm die Natur an körperlichen Kräften und Fähigkeiten versagt hatte – und nicht nur ersetzte.

Mit den hölzernen Knütteln, den scharfen Muschelkanten, den Kiefer- oder Röhrenknochen beginnt das, was wir Technik nennen. Günther Bugge hat einmal das schöne Wort geprägt: «Am Anfang der in Dunkel gehüllten Urgeschichte der Technik steht die Frage: Wie kam der primitive Mensch zur Technik? Waren der Zufall, der Spieltrieb, Notdurft oder andere primäre Empfindungen die Ursache der ersten technischen Betätigung? Wir können es nicht wissen. Aber das eine steht fest: Die seelischen Voraussetzungen, aus denen die Technik erwuchs, müssen die gleichen gewesen sein, aus denen Religion und Kunst geboren wurden.»

Es kann hier nicht in aller Ausführlichkeit geschildert werden, was die Urgeschichtsforschung der letzten hundert Jahre uns an Kenntnissen über die frühesten Menschen und ihre technischen Leistungen gebracht hat. Denn eine Darstellung der von den einzelnen Forschern noch recht verschieden beurteilten Schädel- und Knochenfunde gehört nicht in eine Technikgeschichte, und bei dem, was uns von den Geräten jener frühen Menschen überliefert ist, geht es im Grunde zunächst immer um das gleiche, um zurechtgeschlagene, also bewußt bearbeitete Stein- oder Knochenstücke.

Auf einigermaßen sicherem Boden bewegt sich die Urgeschichtsforschung und damit die Urgeschichte der Technik erst mit dem Beginn der Eiszeit: 600 000 Jahre sind seitdem verstrichen. Tief sank die mittlere Jahrestemperatur ab. Riesige Gletscher schoben sich über den Norden der Alten und Neuen Welt. Die Waldgrenze zog sich weit nach Süden zurück, Tundren und Lößsteppen erstreckten sich zwischen die Gletscher und den Wald. Man darf sich das Eiszeitalter jedoch nicht als eine einzige große Kältezeit vorstellen; immer wieder hat es auch wärmere Zwischenzeiten gegeben, die für Europa zum Teil wärmeres Klima als heute brachten. Der letzte Gletschervorstoß endete vor etwa 10 000 Jahren. Diese Eiszeit wurde die harte Schule der frühen Menschheit. Drei große Gruppen der auf die Halbmenschen folgenden eigentlichen Menschen unterscheidet die Wissenschaft: Die «Vormenschen», charakterisiert durch den berühmten *Pithecanthropus* von Java, den *Sinanthropus* von China und den Menschen von Mauer bei Heidelberg, dann die Neandertaler und schließlich die «Neumenschen», die mit dem *Homo praesapiens* beginnen und in der letzten Epoche der Eiszeit den Typus des heutigen *Homo sapiens* erreichen.

Die Urgeschichte nennt diese Zeit – vom Beginn der großen Vereisung

bis zum letzten Gletschervorstoß – die Altsteinzeit oder das Paläolithikum und kennt eine Vielzahl verschiedener «Kulturen», gekennzeichnet durch besondere Techniken der Steinbearbeitung und Typen ihrer steinernen Geräte. Gelebt haben die Eiszeitmenschen als Jäger und Sammler: Sie zogen in Horden umher, jagten Wild und sammelten, was ihnen die Natur an eßbaren Pflanzen bot.

Eine besonders reiche Fundstätte aus einer rund 400000 Jahre zurückliegenden Zeit hat man in der Nähe von Peking aufgedeckt. Dieser «Pekingmensch» (wissenschaftlich *Sinanthropus* genannt) hat, wie die starken Aschenschichten an der Fundstelle beweisen, das Feuer ständig unterhalten. Von seiner Technik zeugen bearbeitete Quarzitsteine und Knochen, zum Beispiel mit steinernem Gerät gekerbte und zerlegte Hirschgeweihe, ferner offenbar als Dolche benutzte Geweihsprossen. Als Trinkgefäße dienten Antilopenschädel, bei denen man die Knochenzapfen stehengelassen hatte, so daß die Schalen dreifußartig hingestellt werden konnten. Die Steingeräte – Schaber, Kratzer usw. – hatten, typologisch gesehen, noch eine unbestimmte Form, aber einzelne Stücke aus Quarzit sind als Meisterleistungen zu bezeichnen und halten einem Vergleich mit viel späteren europäischen Werkzeugen durchaus stand.

Zeigten uns die Pekingfunde einen noch sehr frühen Zustand, so lassen sich in den folgenden Jahrzehntausenden schon erhebliche Verbesserungen erkennen. Der Urmensch bevorzugte für seine Werkzeuge und Waffen von Anfang an stets die gleichen Materialien: Quarzite und sonstige verkieselte Gesteine, insbesondere Feuerstein, der die günstigsten Eigenschaften besaß. Es waren zwei Verfahren, die zur Herstellung von Feuersteingeräten dienten. Einmal wurde der Rohstein durch Abhauen von Spänen so weit verkleinert, bis er die gewünschte Form erhalten hatte. Das Ergebnis war ein *Kernstückgerät*, ein schwerer, zweiseitig bearbeiteter «Faustkeil» oder Fäustel. Bei der zweiten Bearbeitungsart wurde von einem rohen Stein ein






Aus der Werkstatt des Eiszeitmenschen

vor 500000 Faustkeil — *vor 300000 Abschlaggerät* — *vor 100000 Jahren Blattspitze*

Span abgeschlagen und, wenn nötig, noch weiter zugerichtet. Auf diese Weise entstand ein einseitig bearbeitetes *Abschlaggerät.*

Das Behauen der Werkstücke erfolgte nach zwei Arten: der Amboß- und der Klopfsteintechnik. Beim ersten Verfahren wurde der zu bearbeitende Stein gegen die Kante eines größeren, der als Amboß diente, geschlagen. Das zweite Verfahren bestand darin, daß der zu bearbeitende Stein mit einem anderen, dem Klopfstein, zugeschlagen wurde. Nach diesem Verfahren entwickelte sich eine besondere Technik, die die Herstellung großer dünner Abschläge erlaubte. Sie beruhte auf einer besonderen Vorbehandlung des Kernes und auf dem Absprengen des Werkstückes mit Hilfe eines Knochen- oder Holzmeißels. Während des letzten Abschnittes der Altsteinzeit, des vor etwa 60 000 Jahren einsetzenden Jungpaläolithikums, wurde dann noch eine andere Bearbeitungsweise entwickelt, und zwar das Abpressen, um vor allem lange Steinklingen zu gewinnen: die Steindrücktechnik und die Bearbeitung durch mittelbaren (indirekten) Schlag. Das Werkstück wurde dabei mit der Kante auf einen glatten Amboßstein gelegt; Schläge auf das Stück mit einem Holzhammer erzeugten einen Druck von der Unterlage nach oben, so daß sich einzelne Splitter ablösten. Je nach dem Winkel, in dem das Werkstück gehalten wurde, und je nach der Wucht des Schlagens entstanden längere oder kürzere Blätter mit scharfen Rändern. Durch indirekten Schlag wurde auch das Anschärfen der Schneide vorgenommen. Die «Drückretusche» mit einem Knochenmeißel – ebenfalls eine jungpaläolithische Technik – ergab Blattspitzen, die einen Höhepunkt der Steinbearbeitung der Altsteinzeit darstellen. Es war die vollendetste Form der Abschlagtechnik. Aus dieser Zeit der «Klingenkultur» stammen sauber retuschierte Klingen, zum Teil mit Spitzen oder Kerbbuchten versehen; außerdem wurde bereits die eine Schneide der Klinge gestumpft, wodurch ein Messer mit Klingenrücken zum Auflegen des führenden Fingers entstand. Man darf getrost annehmen, daß solche Klingen bereits gefaßt waren. Schaber wurden aus Abschlägen hergestellt, bei denen eine Kante als Arbeitsschneide diente: sogenannte Seitenschaber.

Die Entwicklung der einzelnen Kulturen zu verfolgen, ist nicht Aufgabe der Technikgeschichte, sondern der Urgeschichtsforschung. Die Bilder mögen zeigen, wie im Lauf der Zehntausende von Jahren und mit dem Aufkommen neuer Menschenformen immer feinere, zum Teil bewundernswert sauber gearbeitete und formschöne Stein- und Knochengeräte entstanden.

Aus den altsteinzeitlichen Kulturen, die mit Klimaverschlechterungen

Besonders schöne Steinklingen, rund 20 000 Jahre alt

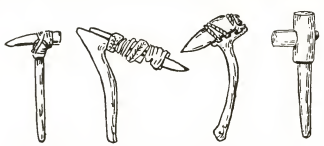


Hölzerne Speerspitze und Feuersteinschaber (links), beide etwa 250000 Jahre alt

einhergingen, sind Unmengen von Schab- und Kratzgeräten gefunden worden, die augenscheinlich zur Fellverarbeitung gedient haben. Daraus ist zu schließen, daß die Felle selbst als Kleidung, vielleicht auch als Zelt- oder Windschirmbehang in länger bewohnten Jägerlagern verwendet worden sind. Möglicherweise hat man auch Fellflaschen, Fellbeutel und -säcke angefertigt. Ledersäcke und Lederriemen werden nicht gefehlt haben. Von solchen Arbeiten ist aber natürlich nichts erhalten geblieben.

Ähnlich steht es mit der Holzschäftung von Werkzeugen. Der alte mandelförmige Faustkeil könnte als Axtklinge angesprochen werden. Ob dieser oder seine besser ausgeführten Nachfolger noch mit der Hand geführt wurden oder schon eine Schäftung besaßen, also als Axt oder Beil benutzt wurden, ist nicht eindeutig geklärt. Vielleicht sind sie ebenso geschäftet gewesen wie die gleichartigen, roh zubehauenen beilartigen Waffen der heute noch auf der Kulturstufe der Altsteinzeit lebenden Ureinwohner Australiens, die den Stein mit Bast oder Riemen am Stiel befestigen. Nicht eindeutig zu beantworten ist auch die Frage, ob Pfeil und Bogen schon vor dem Jungpaläolithikum dem Menschen als Jagdwaffe bekannt waren. Zahlreiche «Pfeilspitzen» des Altpaläolithikums deuten auf einen derartigen Gebrauch hin. Andererseits wird geltend gemacht, daß erst der echte Mensch, der *Homo sapiens diluvialis,* mit dem das Jungpaläolithikum beginnt, diese «Fernwaffe» mitbrachte.

Der Beginn der letzten Eiszeitepoche – urgeschichtlich des Jungpaläolithikums – bedeutete noch keine Wende, keinen Einbruch einer neuen



«Steinzeitliche» Waffen und Werkzeuge von Naturvölkern unserer Zeit (von links nach rechts): Tonga-Inseln; Neuguinea; Eskimos; Indianer vom Rio Xingu

überlegenen Kulturwelle. Auch die Träger der Kulturen dieses Zeitabschnitts waren herumschweifende Jägervölker und kannten nur die Sammelwirtschaft. Sie lebten wie ihre Vorgänger meist in Höhlen, unter Felsdächern und in Freilandstationen. Sie wußten noch nichts von einer Bodenbewirtschaftung, von Töpferei und von Haustieren. Aber sie waren die ersten europäischen Vertreter der Art *Homo sapiens*.

Das Jungpaläolithikum ist gekennzeichnet durch eine hochentwickelte und formenreiche Klingenindustrie. Jetzt finden wir Klingen, deren Gestaltung eindeutig darauf hinweist, daß sie als Lanzen-, Speer- oder Pfeilspitzen geschäftet waren, jetzt gibt es Harpunen aus Hirsch- oder Renhorn mit einseitigen oder doppelseitigen Widerhaken für die Kleinjagd und das Fischestechen. Pfeil und Bogen waren dem ganzen Jungpaläolithikum bekannt. Ein glücklicher Zufallsfund in Ahrensburg bei Hamburg brachte 100 Holzpfeile zutage, die dadurch, daß sie in Seeschlamm eingebettet waren, erhalten geblieben sind. Im übrigen sind aus den nordspanischen Wandmalereien, die Jagdszenen darstellen, übermenschengroße Bogen bekannt, die offensichtlich sogar zum Typus des zusammengesetzten Bogens gehören, das heißt aus zwei Teilen in der Mitte zusammengefügt sind.

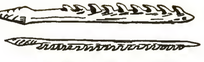
Die berühmten Höhlenmalereien der sogenannten Magdalénien-Kultur in Südfrankreich und in Nordspanien, die zwischen 15 000 bis 8000 v. Chr. entstanden sind, geben allerlei Auskunft über das Leben der Menschen damals. Von Bedeutung ist, daß künstliche Beleuchtung für die Ausführung der Malerei eine notwendige Voraussetzung war. Denn diese Bilder finden sich meist in tiefer gelegenen, immer dunklen, unbewohnt gewesenen Galerien der Höhlen. Man hat an offenes Feuer gedacht, aber Funde von Lampen aus Stein, die ganz die Form der römischen Lampen aufweisen und zum Teil sogar Dochtrinnen besitzen, bezeugen, daß die Menschen der ausgehenden Altsteinzeit sehr wohl Leuchter hatten, die mit tierischem Fett gefüllt wurden. Die zahlreichen naturgetreuen, später mehr «expressionistisch» oder «abstrahierend» gehaltenen bildlichen Darstellungen an den Felswänden geben auch Auskunft über Kleidung und Schmuck. Felsmalereien Ostspaniens zeigen beispielsweise einmal, als Ausnahme, einen Bogenschützen in kurzen «Kniehosen»; ein anderer trägt einen breiten Rückenwedel, der an den Schultern befestigt ist und langgefranst in Hüfthöhe endet. Öfters erscheinen regelrechte Kopfbinden oder Hauben. Ähnliche Binden mit freiflatternden Enden oder Schlingen gürtete man um die Hüften. Am Ober- oder Unterarm tragen verschiedene Figuren manchmal dünnen, manchmal breiten ringförmigen Schmuck zur Schau. Die Kniezier besteht aus schmalen oder breitdicken Wülsten, verschiedentlich aus Bändern mit kürzeren oder längeren, frei herabhängenden Zipfeln oder Fransen. Alle diese Zier bestand aus vergänglichen Stoffen: Geflechte aus



Hochofen zu Anfang des 17. Jhts. Gemälde von Jan Breughel dem Älteren in der Galleria Doria, Rom. Rechts hinten und oben auf dem Ofen sieht man, wie Erz und Holzkohle zugetragen und in den oben offenen Ofen geschüttet werden. Ein Wasserrad (links) treibt das Gebläse an. Vorn lagert das Eisen.



Knöcherne Harpunen vom Ausgang der Altsteinzeit (vor etwa 12000 Jahren)



Pflanzenfasern, Haaren, Fellstreifen usw., und oftmals waren ihnen ergänzend Muscheln oder Schnecken, Tierzähne oder Schmuckplättchen aus Bein an einem Öhr eingeflochten oder aufgenäht. Dies geht aus den Beigaben der jungpaläolithischen Gräber hervor. Man muß es damals schon verstanden haben, von der beinernen Nähnadel einen vielseitigen Gebrauch zu machen. Überhaupt kommt mit dem Ausgang der Altsteinzeit immer mehr Knochengerät in Gebrauch, vor allem aus Ren- und Hirschgeweih oder Mammut-Elfenbein. Wir kennen aus diesem Werkstoff Speerspitzen, Ahlen und Nähnadeln (mit dem Öhr in der Mitte), ferner Schaftstrecker (sogenannte Lochstäbe), Harpunen, Speerschleudern (Wurfstangen) und manch anderes.

Und noch etwas bringt das Jungpaläolithikum: Die frühesten Spuren von Wohnhütten. Eine solche Hütte wurde 1919 bei Lang-Mannersdorf a. d. Perchling in Nieder-Österreich ausgegraben. Es war ein Lagerplatz, der außer Feuersteingeräten als Mahlzeitreste Knochen von Mammut, Ren und anderen Tieren sowie eine kreisförmige Feuerstelle mit flacher Vertiefung in einer dicken Schicht von Brandresten, einen Abkochplatz, barg. Und unweit des großen Herdes wurde eine Wohngrube von fast rundem Grundriß aufgedeckt mit ungefähr 2,5 m Durchmesser, bis 1,7 m tief in den Löß eingegraben. «Der Boden war mit einer dicken Schicht aus zahlreichen Knochen und Feuersteinen bedeckt», heißt es bei Herbert Kühn, «und dadurch konnte man die Größe und Form der Wohngrubenanlage genau feststellen. Dadurch war auch der Winkel der Wohngrubenwand genau zu erkennen. Gegen Nordwest und Norden waren senkrechte Wände vorhanden. Nach Osten zu waren sie nicht ganz senkrecht, und gegen Süden hob sich deutlich der Eingang ab, der als schiefe Ebene von der Oberfläche in die Grube führte.» In der Hütte fand sich eine Sitzbank: ein länglicher Lößblock war beim Ausheben der Grube stehengelassen worden. Hier saß der Steinschläger, wie Haufen von Feuersteinsplittern bezeugten. Die Grube war sicherlich mit einem Dach aus Reisig und Fellen bedeckt. Ähnliche Hüttenreste sind auch anderwärts gefunden worden.

Rund 12000 Jahre ist diese Keule alt, die ein Rentierjäger der ausgehenden Eiszeit aus einer Geweihstange des von ihm erlegten Wildes gefertigt hat

Für solche Hütten mag das leicht transportable Zelt das Vorbild gegeben haben. Denn Zelte waren dem Jungpaläolithiker bekannt, wie aus Wandzeichnungen, etwa in der Höhle von Les Combarelles (Dordogne) hervorgeht. Ein solches Bild zeigt ein Zelt in Kegelform, ein weiteres läßt die schräg eingesteckten Wandpfähle erkennen, an denen die Dachsparren befestigt sind. Für weit umherschweifende Jägerhorden sind solche Zelte ja überall typisch, und sie mögen bereits in weit früheren Epochen benutzt worden sein.



Zwei technische Leistungen und ein Kunstwerk des Eiszeitmenschen: Höhlenmalerei aus der Dordogne, die einen Wisent zeigt, links außerdem eine Großwildfalle, rechts ein Wohnzelt

Nicht vergessen aber sei eine technische Leistung, die man mit Julius Lips «die erste Maschine» nennen könnte: Eine Großwildfalle, die sich die Hebelwirkung zunutze macht: Das in die Falle geratene Tier wird, wie eine Höhlenzeichnung zeigt, durch schwere Baumstämme erschlagen, deren Herabstürzen es selbst auslöst, wenn es in die Falle geht. Man hat gefragt, wie der Eiszeitmensch denn nun aber die dicken Bäume gefällt habe. Nun, auch darauf kann man eine befriedigende Antwort geben: Er wird es dem Biber abgesehen haben, der ja mit seinen scharfen Zähnen noch Pappeln von 72 cm Durchmesser (!) dadurch fällt, daß er sie rundum mit einem sanduhrförmigen Einschnitt so lange benagt, bis sie einstürzen. Und was die Zähne des Bibers können, das konnten ganz sicher die Feuersteinklingen der Eiszeitmenschen. Auch sie hatten ja Zeit, sehr viel Zeit!

Mit dem Jahrtausende währenden großen Abschmelzprozeß, der die Eiszeit beendete, beginnt die Mittlere Steinzeit –, das Mesolithikum, für das in unseren Breiten die Zeit von etwa 8000 bis 4000 v. Chr. anzusetzen ist. In den östlichen und südlichen Mittelmeerländern endet das Mesolithikum bereits früher, im 5. Jahrtausend. Die Mittelsteinzeit ist eine Übergangszeit, die die Keime birgt und fördert, die dann in der Jungsteinzeit, dem Neolithikum, zur Entfaltung gelangen und eine neue, umwälzende Wirtschaftsepoche einleiten.

Aus dem Beginn der Mittleren Steinzeit stammt eine besonders bemerkenswerte Wohnsiedlung, die auf das genaueste erforscht worden ist: ein Wohnplatz bei Tannstock, südlich Buchau in Oberschwaben. Er lag ehedem an einer kleinen Bucht des vertorften Federsees. Das Geräteinventar der insgesamt 81 Wohnplätze zeigt eindeutige Verbindungen mit dem Magdalénien. Die Siedlungsplätze liegen dicht am heutigen Moorrand, der meist gleichzeitig das Ufer des großen mesolithischen Federsees bezeichnet. Bei Tannstock selbst ist eine Gruppe von 54 Hütten festgestellt worden. Es handelt sich um deutlich eingetiefte Wohnböden, die überwiegend ovale, seltener auch fast kreisrunde Formen zeigten und in ihrem Innern Feuerstellen enthielten. Wo diese fehlten, darf man annehmen, daß es sich hier um Vorratsbauten gehandelt hat. Spuren der Umwandung der Hütten, die im Durchschnitt 3,50 m lang und 2 m breit waren, konnten mehrfach festgestellt werden: sie bestand aus 30 bis 35 cm starken Reisiggeflechten, die von stärkeren Stangen gestützt wurden und etwa ein Drittelmeter tief im festen Lehmgrund ruhten. Da die Höhe des zeltartig, also leicht schräg nach innen geneigten Wandgestänges sich annähernd auf 2,20 m belief, gewinnt man den Eindruck etwas niedriger, aber wetterfester Wohnbauten, die wohl mit Schilf und Rinde bedeckt waren, wie dies für die neolithischen Hütten des Federseemoors belegt ist. Es ließen sich hier zwei Hauptsiedlungen, das heißt zwei kleinere Wohngruppen und eine Reihe von Einzelhütten unterscheiden, die sich zeitlich abgelöst haben. Die Anordnung der älteren Hütten in drei gut erkennbare Reihen und die zentrale Lage einer stattlichen Doppelhütte in der Mitte der Dorfanlage lassen auf eine straffe Organisation und ein Oberhaupt der Gemeinschaft, etwa einen Stammeshäuptling, schließen. Die pollenanalytische Zeitbestimmung ergab « von etwa 8000 v. Chr. an » einen Hochstand der Hasel. Es wurden auch bereits Spuren einer primitiven Töpferei festgestellt; aus den wenigen unverzierten Scherben haben sich aber keine Formen erschließen lassen. Es handelt sich um eine der ältesten bekannten Dauersiedlungen.

Eine besondere und einzig dastehende Leistung dieser ältesten Federseebewohner ist, nach Hans Reinerth, der die alte Siedlung aufgedeckt und erforscht hat, «ein wohlüberlegtes System von regelrechten Erd-Dammwegen, die als ununterbrochener Ring das ganze Moor umziehen und spätestens in der jüngeren Steinzeit, sehr wahrscheinlich aber schon früher angelegt sind». Es handelt sich dabei um Kiesaufschüttungen. Der Hauptzweck war, landeinwärts vorspringende Moorzungen zu überbrücken und damit einen durchlaufenden Randweg außerhalb des eigentlichen Moorgebietes zu schaffen. Alle einzelnen Dammstrecken zusammengerechnet ergeben einen Weg von 7,5 km Länge, und der Aufbau war überall der gleiche. Die Höhe der Aufschüttung schwankt zwischen 0,50 und 1,20 m. Manche Teilstücke zeigen sogar drei Aufschüttungen, was auf eine Erneuerung der Anlage deutet.

Es drängt sich natürlich die Frage auf, wozu diese Wegeanlage diente. Für den Fußverkehr hätten, so sollte man meinen, Knüppel- und Bohlenwege genügt, wie sie auch anderwärts aus vorgeschichtlichen Grabungsfunden der jüngeren Steinzeit bekannt sind, etwa aus dem Großen Oldenburger Moor. Reinerth reklamiert mindestens einen Teil dieser Bauten für das Mesolithikum, denn einmal paßt sich der Uferweg ganz der Form der mittelsteinzeitlichen Uferlinie an, und in einzelnen Fällen greift die Kulturschicht der mesolithischen Wohnplätze auf den Uferweg über, der also schon bestanden haben muß. In der Jungsteinzeit sei dieses Wegesystem dann weiter benutzt und ausgebaut worden. Reinerth meint weiter, daß sich aus diesen Dammwegen auf die Verwendung von Wagen schließen lasse. Nun gilt aber der Wagen als eine Erfindung der Jungsteinzeit und ältere Spuren sind in der Tat bisher nicht bekanntgeworden. O. Paret hat diese Wege als Verlandungserscheinungen gedeutet. Es kann aber dagegen eingewendet werden, daß der dazu benötigte Kies von weither aus der Umgebung herangeschafft werden mußte, und die pollenanalytischen Untersuchungen der unter- und überlagernden Schichten lassen offenbar tatsächlich nur den Schluß zu, daß es sich hier wirklich um Menschenwerk handelt. Das wird bestätigt durch inzwischen erfolgte gleichzeitige Funde u. a. im Wauwiler Moos in der Schweiz, wo Reinerth ebenfalls einen solchen Dammweg ausgraben konnte.

Spuren von Hüttenböden aus etwa der gleichen Zeit wurden auch an anderen Orten entdeckt. Als mitteleuropäisches Beispiel sei ein Fund aus Niederschlesien genannt: ovale dunkle Stellen von 2 bis 3 m Länge und Breite, flache Gruben. In einem Falle war die Feuerstelle zu erkennen. Der Boden bestand hier fast ganz aus Kiefernholzkohle. Ganz entsprechende Spuren fand C. Gumpert in Franken, an der Rezat und der oberen Altmühl: grubenartig vertiefte Wohnräume, sogar mit gepflastertem Eingang.

Ein Gegenstück zu diesen mesolithischen Funden aus Süddeutschland bilden gleichaltrige Jäger- und Fischerkulturen Nordeuropas, die ebenfalls die Fortdauer der Magdalénien-Tradition erkennen lassen. Hier taucht ein neues Gerät auf: das « Urbeil ». Es ist in der Weise gefertigt, daß man von der Geweihstange eines Rens das untere Ende mit Hilfe von Einschnitten und Schlägen abtrennte, vom Kopfende dann die Rose samt der ersten Sprosse entfernte, die darauf folgende Sprosse jedoch durch Zuschärfen und Schleifen in eine Schneide verwandelte. Funde solcher Beile sind bisher auf das südliche Gestade der Ostsee beschränkt. Ein paar Funde aus Dänemark zeigen eine Verbesserung dieses wichtigen Gerätes: Jetzt wurde nicht eine Seitensprosse des Geweihes selbst zugeschärft, sondern zur Aufnahme einer Beilschneide aus Feuerstein ausgehöhlt. Diese Zeitgruppe wird nach dem Fundort Nörre-Lyngby in Nordjütland als «Lyngbygruppe» bezeichnet. Aus dem späteren Mesolithikum ist insbesondere der Wohnplatz Maglemose (= großes Moor) bei Mallerup auf Seeland bekanntgeworden. Hier sind wohl erstmals Knochenspitzen mit einseitigen Kerben oder Widerhaken für den Fischfang festgestellt worden, sowie das für die Schäftung durchlochte Steinbeil, das jedoch noch nicht geschliffen war, wie später in der Jungsteinzeit.

Wie die Maglemose-Leute sommersüber gewohnt haben, läßt sich aus Fundplätzen im Duvenseer Moor (Holstein) erkennen. Man hauste hier an hochliegenden Stellen im Rohrsumpf. Über den Oberbau der Hütten zwar ist nichts bekannt; sie scheinen einen mehr oder weniger kreisförmigen Fußboden von etwa 5 m Durchmesser gehabt zu haben, der mit Reisig und einer Schicht Birken- oder Kiefernrinde belegt war. Als früheste Zeugen für die Schiffahrt sind Paddelruder zu nennen, was den Einbaum als Fahrzeug voraussetzt. Und als erstes Haustier tritt jetzt der Hund in Erscheinung.

Mit Hilfe der Radiokarbonmethode konnte für die hölzerne Plattform eines Wohnplatzes der Maglemose-Zeit bei Star Carr in Yorkshire das Datum 6854 v. Chr. mit einer Fehlermöglichkeit von ± 490 Jahren ermittelt werden. Holzkohle aus einem mesolithischen Sommerhaus in Aamose in Dänemark ergab 6680 v. Chr. (± 540).

Es ist merkwürdig, daß aus dem Bereich der Maglemosekultur bisher nur an einer Stelle Belege für die Kenntnis der Töpferei gefunden worden sind, und zwar bei einer Siedlung unweit Friesack im brandenburgischen Rhinluch. An dieser Grabungsstelle sind die ältesten bislang bekanntgewordenen Zeugnisse für die Töpferei ans Tageslicht gebracht worden – Scherben, die vermutlich um 2500 Jahre älter sind als die früheste Keramik Ägyptens (Badari), um 2000 Jahre älter als die Tongefäße von Ertebölle, einer Siedlung der sogenannten Kjökkenmöddinger-Kultur in Jüt-

land, und nur etwas jünger als die älteste bisher bekannte Tonware aus dem Vorderen Orient. Die «Binsenkeramik» aus der Mark Brandenburg wird nämlich ins 5. Jahrtausend verlegt, während die Scherben vom Dschebel Baradost im Irak, deren Alter man mit Hilfe der Radiokarbonmethode bestimmen konnte, aus der Zeit um 5000 v. Chr. stammen. Die hier zutage geförderten Scherben werden als «Binsenkeramik» bezeichnet, nach ihrer Verzierung, die als Abdrücke von Binsengeflecht erkannt wurden. Den Herstellungsvorgang hat man sich folgendermaßen vorzustellen: «In ein zuweilen mehr als halbkugelförmiges Korbgeflecht aus Binsen, dessen oberer Rand durch eine Schnur zusammengezogen werden konnte, wurde innen eine etwa 1½ cm dicke Tonschicht bis zum Rande aufgetragen. Nachdem sie etwas lufttrocken geworden war, löste man die Schnur, streifte den elastischen Korb, um ihn bei Gelegenheit wieder zu benutzen, vorsichtig ab und montierte ein etwas dünneres, ganz glatt gestrichenes, 5 bis 9 cm breites Tonband als Hals ohne Lippenrand u. dgl. auf den Korbabklatsch. In späteren Zeiten setzte man in den Halskorbwinkel zwei oder mehrere kurze band- oder wulstartige Griffzapfen aus gleicher Masse hinein. Darauf wurde das Ganze getrocknet und gebrannt. Das fertige Gefäß zeigte dann auf der ganzen Wandung und dem Boden alle Einzelheiten der inneren Korbseite als negative Ornamente. Nur der Hals war frei davon.» Die gefundenen Scherben ließen keinen sicheren Rückschluß auf Form und Größe der Gefäße zu. Es müssen im allgemeinen ziemlich große Töpfe gewesen sein.

Man hat sich gefragt, wie denn überhaupt die Erfindung der Irdenware vor sich gegangen sein mag. Vieles spricht dafür, daß die Töpferkunst, mindestens in den nördlichen Kulturkreisen, aus der Matten- und Korbflechterei entstanden ist: Es lag nahe, geflochtene Behälter innen mit Lehm auszukleiden, um sie wasserdicht zu machen. Beim Trocknen solcher Gefäße am Feuer kann man dann leicht auf den Vorteil des Brennens der Lehmkörbe gekommen sein. Das, was man im Rhinluch an «Mattenkeramik» gefunden hat, scheint diese Überlegung zu stützen.

Die trichter- und beutelförmigen Tongefäße der Kjökkenmöddinger-Kultur hatten einen spitzen Boden. Ihre Benennung – Kjökkenmöddinger ist dänisch und bedeutet Küchenabfälle – verdankt sie dem Umstand, daß von ihr riesige Abfallhaufen an Austern- und Muschelschalen erhalten geblieben sind, so in Dänemark, etwa bei Ertebölle am Limfjord, aber auch in England, Spanien und Portugal. Auf diesen Muschelhaufen haben die Kjökkenmöddinger-Leute gelebt. Sehr oft finden sich zwischen den Austernschalen Anhäufungen von Feldsteinen, oft von Ruß geschwärzt und mit Asche und Kohlenresten vermengt – die alten Feuerstellen.

Die Menschen dieser Kultur verstanden es aber schon, im Gegensatz zu

denen vom Rhinluch, dem rohen Ton Quarzsand und Muschelstücke beizumengen; nur wenige verzierte Fragmente zeigen ein Damebrettmuster, Rauten oder schräges Gitterwerk. Als Träger der nach 5000 v. Chr. einsetzenden Kjökkenmöddinger-Kultur werden Einwanderer aus dem Westen angesehen, die die Maglemose-Kultur ablösten. In den jüngeren Schichten der Muschelhaufen stieß man bereits auf geschliffene Beile – Vorboten einer anbrechenden neuen Zeit.

Die Muschelhaufen-Leute kamen wahrscheinlich aus einer Kultur, die man als das Campignien bezeichnet; Fundstätten dieser Kultur kennt man vor allem aus Frankreich, Belgien und Nordspanien, einige sind auch in Deutschland und England bekannt. Das Campignien wird zuweilen als «protoneolithisch» bezeichnet, weil es sich hier um den Übergang zur Jungsteinzeit, zum Neolithikum, handelt. Die Keramik zeigt die gleiche Spiralwulsttechnik wie bei den Kjökkenmöddingern, die Tonmasse war mit grobem Grus durchsetzt, die Gefäße sind vielfach beutelartig geformt und mit einem spitzen oder gewölbten Boden versehen. Unter diesen Gefäßen fallen einige durch ihre niedere und offene Form auf; sie enthielten Spuren von Fett und müssen als Lampen gedeutet werden. Interessant ist, daß die Irdenware im europäischen Raum bis zur Latènezeit, also bis zur Mitte des ersten vorchristlichen Jahrtausends, durchweg handgeformt, also nicht gedreht war. Erst zu dieser Zeit nämlich wurde hier die Töpferscheibe bekannt, die sich bereits im frühen Neolithikum in Mesopotamien aus einer ganz einfachen Form, einer drehbaren Unterlage ohne festgelagerte Achse, zu entwickeln begann.

Im jüngeren Campignien Europas begegnen wir der frühesten bergbaulichen Tätgkeit des Menschen. Während der Mensch der Altsteinzeit Flint an der Oberfläche des Erdbodens aus Geröll und Geschiebe auflas, wo er es gerade fand, hatte es der Mensch der Campignien-Stufe bereits gelernt, die für ihn wichtigen Feuersteinknollen in regelrechtem Bergbau zu gewinnen. Abbaustellen konnten bei Aachen, Wien und auf Rügen, in Schweden, Belgien, England und Frankreich nachgewiesen werden. Es handelt sich teils um Tagebaue, teils um mehr oder weniger ausgedehnte Tiefbaue. Der bedeutendste Tiefbau auf deutschem Boden ist der am Lousberg bei Aachen. Nicht unerwähnt aber sei, daß ein solcher «Bergbau auf Feuersteinknollen» schon beim Eiszeitmenschen – vor rund 20000 Jahren! – geübt wurde. Der Berliner Geologe und Bergbauhistoriker Heinrich Quiring spricht nämlich einen sonst als Strudelloch gedeuteten Schacht in der Kiesgrube Carpentier bei Abbeville als einen von Menschen angelegten sogenannten Kuhlenbau an, der dazu diente, um zu den Geröllschichten zu gelangen, die das unverwitterte Rohgut für die Werkzeuge führten. Der runde Schachtquerschnitt lehnt sich in seiner Form an

die ältesten Tierfanggruben (Fallgruben) des Altsteinzeitmenschen an. Und in der überlagernden Kiesschicht dieser Fundstelle, wo anscheinend eine Werkstatt für Werkzeuge bestanden hat, fanden sich nicht weniger als 120 abgerollte Faustkeile.

Was die Campignien-Bergleute konnten, war im wesentlichen überall das gleiche: Die aus Tagebaulöchern hervorgegangenen unregelmäßig-runden Schächte zeigen Durchmesser von 1 bis 10 m. Sie sind senkrecht niedergebracht und bis 17 m tief. Um das Einstürzen der Schachtwände zu verhüten, sind die tiefen Schächte trichterförmig angelegt: der 17 m tiefe Schacht zu Spiennies beispielsweise ist oben 2,5 m, unten 1 m weit. Beim Erreichen der gesuchten feuersteinführenden Schicht hatte man teils einen einfachen Weitungsbau rings um den Schacht (so in Frankreich), teils einen verzweigten Pfeilerabbau mit geraden und winkligen Stößen und unter Stehenlassen von Sicherheitspfeilern durchgeführt (so in England). Die Breite der Abbaupfeiler bei Cissbury beträgt 2 bis 5 m. Die zwischen den Abbaupfeilern stehengelassenen Sicherheitspfeiler sind 0,5 bis 2 m breit. Diese Pfeiler wurden an vielen Punkten fensterartig durchbrochen; die Öffnungen dienten als Lichtschacht und für die Wetter-, das heißt Frischluftzufuhr. Beleuchtungsmittel scheinen nicht benutzt worden zu sein, und ebenso war das «Feuersetzen» – das Mürbemachen des Gesteins durch Abbrennen großer Holzstöße – noch unbekannt. In Cissbury betrug die lichte Weite der Schächte bis zu 10 m. Als einzige Gezähestücke – Gezähe nennt der Bergmann sein Werkzeug – dienten einmal ungeschäftete, ein- oder zweihändig geführte, keilförmig und roh zugeschlagene Feuersteinpicken (erste Form der späteren Keilhaue), ferner ein- oder zweihändig geführte Hirschhornpicken (zweite Form der Keilhaue). Die Förderung des gewonnenen Rohgutes geschah wohl in Ledertaschen oder Körben, die an Seilen aus den Schächten heraufgezogen wurden. Reste davon sind zwar nicht gefunden worden, doch deuten Rillen an den Schachtwänden auf Seilförderung hin, die aber noch ohne Rolle und Haspel geschah. Die mittelsteinzeitliche Feuersteingewinnung setzte sich in der jüngeren Steinzeit noch einige Zeit fort, wie geschliffene Werkzeuge zeigen, die man in einzelnen dieser alten Gruben gefunden hat. Sie wurden aber bald beendet, da jetzt der Feuerstein als Werkstoff in den Hintergrund trat.

Um die Zeit des Campigniens mehrten sich vor allem im Raum von Syrien, Irak und Palästina, dann aber auch in Nordeuropa die Zeichen dafür, daß ein neues Zeitalter mit einer ganz neuen Wirtschaftsform heraufkam: die Jungsteinzeit, das Neolithikum. Jetzt nimmt der Mensch – als Sammler, Jäger, Fischer – nicht mehr nur, was ihm die Natur bietet, sondern er geht – als Bauer und Viehzüchter – zur Erzeugungswirtschaft über. Wenn man früher die Jungsteinzeit im allgemeinen mit dem Beginn von Ackerbau und Viehzucht im Orient um 5000 v. Chr., in Europa um etwa ein Jahrtausend später angesetzt hat, so weiß man heute, daß sich zwar die Ausbreitung dieser neuen Lebensform zu diesem Zeitpunkt vollzog, daß aber ihre Wurzeln in weit voneinander getrennten Weltgegenden erheblich weiter zurückreichen. Elisabeth Schiemann, eine bedeutende Forscherin auf dem schwierigen Gebiet der Urgeschichte unserer Nutzpflanzen, konnte feststellen: «Überall, wo uns die Spuren von Kulturpflanzen in den menschlichen Ansiedlungen zuerst begegnen, finden wir einen Teil derselben bereits als hochstehende Kulturtypen ausgebildet, was eine vorangegangene lange Entwicklungsreihe voraussetzt.» Sie setzt daher den Beginn des Pflanzenanbaues im Orient, in Nordafrika und Südwestasien auf die Zeitspanne vom 10. bis zum 6. Jahrtausend.

Der Hackbeetbau (s. S. 28) war wohl die erste Form bäuerlicher Arbeit, und nun stoßen wir auch auf landwirtschaftliche Geräte: In der Übergangsepoche am Ende der Mittleren Steinzeit sprechen die Feuersteinpicken, insbesondere auch das Auftreten einseitig gewölbter, offenbar auf ein Knieholz angebundener Keile, für Rodung und Erdarbeit. Ebenso enthält die in diese Zeit angesetzte sogenannte Arisien-Stufe viele Mahlsteine, und in den Höhlen von Mas d'Azil sind Getreidekörner gefunden worden, die bei Berührung zerfielen und demnach verascht gewesen sein müssen. Gerste und Emmer müssen auch den jüngeren Kjökkenmöddinger-Leuten bereits bekannt gewesen sein, wie aus Abdrücken und Einschlüssen in Topfscherben ermittelt werden konnte. Da die Wildformen dieser Getreidearten vorwiegend im turkestanischen Hochland und in den angrenzenden Steppen beheimatet sind, müssen uralte Völkerwanderungen und Kulturströme diese Pflanzen bereits von Asien ins nördliche Mitteleuropa gebracht haben.

Der Historiker der Landwirtschaft Emil Werth meint sogar, daß im Campignien der erste landbauliche Kulturstrom über die Mittelmeerländer und den winterarmen Westen Europas bis in das vordere Ostseebecken seinen Weg genommen habe. «Die unverkennbare klimatische Begrenzung des geschlossenen Vorkommens der Campignienfunde spricht unzwei-

deutig für die Natur des Campignien als Pflanzenbaukultur», während Jägerkulturen klimatisch unabhängig seien. Werth geht sogar soweit, zu behaupten, daß das Campignien der Ausgangspunkt der Pflugkultur gewesen sei, die im wesentlichen in der gemäßigten Zone beheimatet war, während für die tropische Zone der Alten Welt der Hackbau typisch war. «Und ganz augenscheinlich bildet das europäische Campignien den Ausgangspunkt für pflugbaukulturliche Lochschäftung überhaupt.» Die lochgeschäfteten Geräteformen – es wurden nach Werth mehrfach aus mesolithischer Zeit stammende Hackenklingen mit Lochschäftung gefunden, so aus der Kieler und der Flensburger Förde – sind als eine Leitform der Pflugbaukultur anzusehen.

Dies ist eine Ansicht, die nicht allgemein geteilt wird. Man darf wohl sagen, daß die höhere Form der Bodenbewirtschaftung, der Pflugbau, nicht von einem einzigen räumlich beschränkten Entstehungszentrum ausgegangen ist. In Frage kommt einmal Vorderasien, und außerdem Südwesteuropa im Bereiche der sogenannten bandkeramischen Donaukultur. Vorher aber schon – und zwar, wie aus dem Gesagten zu schließen ist, lange vorher schon – müssen Pflanzenzucht und Tierzucht ebenfalls selbständig und in weit voneinander getrennten Räumen mehrmals entstanden sein. Der «höhere Sammler», der Wildgemüse, Wurzeln und Wildsamen nutzte und als erster gekochte Pflanzennahrung zu sich nahm, die er auf offenem Herdfeuer oder mit erhitzten Steinen, den «Kochsteinen», zubereitete, hat den ersten Schritt von der bewußten Schonung und von der Auslese der genutzten Pflanzen zu ihrem planmäßigen Anbau getan. Er hat wohl zuerst eine Art Gartenwirtschaft – auf dem Hackbeet –, dann Hackbau, beziehungsweise Pflugbau, betrieben. Das Gebiet, wo zuerst solcher Anbau vorgenommen worden sein kann, ist das große Areal von Turkestan bis ins mittlere Donaugebiet und bis nach Mähren-Böhmen anzusehen, das klimatisch und wegen des fruchtbaren Lößbodens besonders bevorzugt erscheint. Insbesondere an den Rändern der Wildgrasverbreitung kann die absichtliche Pflege begonnen haben. Das wäre nach W. v. Stokar im Osten das Gebiet der Induskultur, im Süden das Kulturgebiet des Zweistromlandes, im Norden die Donauländische Kultur, die von den sogenannten Bandkeramikern getragen wurde. Das Kerngebiet dieser weitausgebreiteten Kultur war das östliche Mitteleuropa. Sie drang im Westen bis nach Belgien vor.

Im Vorderen Orient, wo die meisten Wildformen unserer Getreidepflanzen heimisch sind, haben Ausgrabungen in noch weiter zurückliegende Zeiten geführt. Eine Fundschicht vom Ende des Mesolithikums in der Höhle von Mugharel-el-Wad am Berge Karmel in Palästina barg eine Anzahl knöcherner Handgriffe von «Erntemessern» und zahlreiche

Dieser angeblich «älteste Pflug der Welt», gefunden in einem oldenburgischen Moor, stammt aus der frühen Bronzezeit



Feuersteinzähne, mit denen die Schneiden dieser «Messer» bewehrt waren. Nicht nachgewiesen ist jedoch, ob diese Erntemesser zum Schneiden wilder Getreidearten benutzt wurden, oder ob hier schon der Schritt zum Anbau getan war, was durchaus möglich ist. Denn mit Hilfe der Radiokarbonmethode hat man beispielsweise für Holzkohlenproben in einer der unteren Schichten eines Tells – so nennt man die Ruinenhügel des Vorderen Orients – bei Jarno im Irak, in der sich Spuren ackerbaulicher Tätigkeit fanden, ein Alter von 6606 ± 300 Jahren, bzw. 6695 ± 360 Jahren festgestellt. Dieses Dorf stammt demnach aus der Zeit um 4700 v. Chr. Ein 1953 ausgegrabenes Tell dicht bei Jericho wird auf ein Alter von rund 7000 Jahren geschätzt. Hier enthielten die ältesten Fundschichten noch keine Tonware, wohl aber «Sicheln» aus Flint sowie Mahlsteine.

Wie alt ist der Pflug, und wo tauchte er zuerst auf? Auch dies ist, wie so vieles, eine noch offene Frage. Aus Mittel- und Norddeutschland sind mehrere Funde von Pflügen – Hakenpflügen – bekanntgeworden, deren genaues Alter aber nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann. Dem «ältesten Pflug der Welt», einem im Moor bei Walle (unweit Aurich in Ostfriesland) gefundenen Hakenpflug aus Eichenholz, der sich jetzt im Museum zu Hannover befindet, wurde auf Grund der Pollenanalyse ein ungewöhnlich hohes Alter zugeschrieben: Er soll aus der Zeit um mindestens 3000 vor unserer Zeitrechnung stammen. Eine Nachprüfung mit Hilfe der Radiokarbonmethode ist nicht mehr möglich. Auf jeden Fall ist dieser Pflug spätneolithisch oder frühbronzezeitlich, ebenso wie das im Pfahldorf Bodman am Bodensee gefundene Pflugscheit.

Unentschieden ist auch die Frage, wann und wo der Mensch zuerst Brot gebacken und den Backofen erfunden hat. Die erste Getreidenahrung war zweifellos Brei oder Mus, in der Kornstampfe und mittels Reibsteinen aufgeschlossen, wie man es oft auch mit Hülsenfrüchten gemacht hat. Für das späte Neolithikum ist scheibenförmiges, ungesäuertes Fladenbrot bezeugt, das um einen gewölbten heißen Stein und später auf einer Steinplatte oder auf Tontellern gebacken wurde. Dazu genügte das offene Herdfeuer. Aus der bandkeramischen jungsteinzeitlichen Station Herkheim kennen wir einen Backofen, eine «Backglocke»: ein etwa 30 cm hohes aus Lehm und Reisern konstruiertes Gewölbe, um das herum eine dichte Feuerspur nachzuweisen war. Backöfen wurden auch in spätneolithischen Siedlungen des Federseemoors aufgedeckt, so in den Moordörfern Aich-

bühl und Taubried, in letzterem in besonders guterhaltenem Zustand. Hier wurden elf Backöfen freigelegt. «Die lehmüberwölbte Backfläche mißt überwiegend 0,80:1,20 m und wird ähnlich wie die Herdstellen von Birkenrindenschichten, manchmal auch von stark kiesdurchsetzten Lehmschichten unterlagert. Die Wände, die die Flächen auf drei Seiten umgeben, zeigen Flechtwerk, auf deren Rückseite überwiegend eine Palisadenwand aus feinen 1½ bis 3 cm starken Stäben. Die Vorderseite bleibt als Feuerungs- und Einschubloch offen», sagt Hans Reinerth, der diese Backöfen ausgegraben hat. Ganz ähnliche Lehmbacköfen sind noch heute in Kleinasien und auf Kreta vielfach in Gebrauch, und es braucht wohl nicht nochmals gesagt zu werden, daß selbstverständlich auch der Backofen nicht an einer Stelle unserer Erde «erfunden» worden ist, sondern an vielen Stellen und ganz sicher völlig unabhängig voneinander.

Wir müßten eine Ur- und Vorgeschichte schreiben, wenn wir in aller Ausführlichkeit die eminente Bedeutung der Jungsteinzeit für die Kulturgeschichte behandeln wollen. Doch darüber gibt es heute genügend gute und moderne Darstellungen. Hier mag die Feststellung genügen, daß das Neolithikum eine der größten Umwälzungen mit sich brachte, die die Menschheit je betroffen hat: Der Mensch der Alten Welt wird seßhaft, aus Jägern und Sammlern werden Bauern und Viehzüchter, die in Dörfern wohnen, und nun mag sich auch immer deutlicher eine Spezialisierung der Berufe entwickelt haben. Der Mensch der frühen Steinzeit mußte noch alles selbst können und selbst machen – vom Zurechtschlagen einer Feuersteinwaffe bis zum Gerben des Fells. Jetzt aber, da der Landmann das Feld zu bestellen und seine Haustiere – seit dem Neolithikum sind es Rind, Schwein, Schaf, Ziege, Pferd – zu betreuen hat, kann er sich nur noch in beschränktem Ausmaß um «technische» Dinge kümmern. Wir dürfen also annehmen, daß nun die ersten Handwerker in ihren Werkstätten das schufen, was der Bauer brauchte. Und sie schufen durchaus Neues, schufen Erfindungen, die sich mindestens hinsichtlich ihrer Auswirkung mit den großen Leistungen der technischen Neuzeit, mit der Dampfmaschine etwa oder mit dem mechanischen Webstuhl messen können.

Nur in den seltensten Fällen freilich kann man darüber eine sichere Aussage machen, wann und wo diese technischen Neuerungen zuerst in Erscheinung traten. Eine allgemeine Errungenschaft war die neue Schleiftechnik der Steingeräte. Der Feuerstein blieb zunächst noch wie bisher der übliche Rohstoff, dann aber wurden der Grünstein, Granit, Nephrit, Diorit und andere harte Steinarten bevorzugt. Aber die Geräte – Beile, Hämmer und besonders auch die Äxte – wurden jetzt durch Reiben auf einer Sandsteinunterlage unter Zuhilfenahme von Wasser und Sand geschliffen und fein poliert. Die Axt war für die Holzbearbeitung von be-

sonderer Wichtigkeit: für die Rodung, für den Hausbau und für die Herstellung des Einbaums, der ältesten Form des Bootes.

Um die Steinwerkzeuge schäften zu können, mußte der Mensch der Jungsteinzeit Löcher in das harte Material bohren. Hierfür benutzte er den Bohrapparat, wohl die früheste Anwendung der Drehbewegung, für die die Natur ihm kein Vorbild bot. Es war ein Apparat mit Riemenzug oder Bogenantrieb («Fiedelbohrer»), der aus einem Gestell mit drei Pfosten, dem Bohrer und dem Bogen bestand. Dadurch konnte die Bohrspindel in schnelle Drehung versetzt werden. Zu Schigir in Rußland, an einer zum nordeuropäischen Kulturkreis gehörigen Fundstätte der frühesten Jungsteinzeit, ist eine hölzerne runde Scheibe gefunden worden, die zu einer Drillbohrvorrichtung gehört haben könnte. Man kannte sowohl die Voll- oder Kernbohrung mit einem Bohrer aus Stein oder Knochen wie die Hohlbohrung mit Holunderholz; scharfer Quarzsand diente als Bohrmittel.



Der Fiedelbohrer ist ein uraltes Werkzeug, gleich geeignet zum Bohren von Löchern in Stein wie zum Feuermachen. Bis in unsere Zeit haben ihn – wie viele andere Naturvölker auch – die Eskimos benutzt. Eine Kinnstütze sorgt bei diesem Eskimo-Werkzeug für den nötigen Druck

Ein anderes Werkzeug war die neolithische Steinsäge, die aus einem Holzrahmen mit Horizontalbalken bestand; an ihm schwang ein Pendel von etwa 60 bis 80 cm Länge, an dessen Ende ein scharfer Feuersteinsplitter eingeklemmt wurde. Auch hier war scharfer Sand das Sägemittel.

Scheibe, Rad und Webstuhl

Als eines der ältesten mechanischen Arbeitsgeräte des Menschen ist sicherlich auch die Töpferscheibe anzusprechen. Mit ihr ist erstmals – und zwar wahrcheinlich noch vor der Erfindung des Rades – die kontinuierliche Drehbewegung in den Dienst der Arbeit gestellt worden. Die bis zur Erfindung der Drehscheibe für das Herstellen von Gefäßen übliche Methode, ringförmige Tonwülste von Hand übereinanderzubauen und das Ganze dann glattzustreichen, war vermutlich zu Beginn der Jungsteinzeit noch allgemein üblich. Aber Gefäße mit flachem Standboden, beispielsweise aus



Arbeit an der Töpferscheibe. Korinthische Tontafel, etwa 650–550 v. Chr.

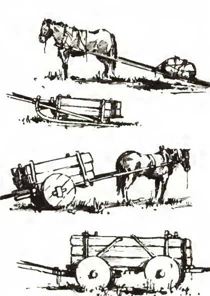
dem neolithischen Pfahlbaukreis, sind häufig schon auf einer drehbaren Formplatte aus Holz oder Sandstein gefertigt worden. Diesen drehbaren Unterlagen fehlte jedoch noch die festgelagerte Achse. Die eigentliche Töpferscheibe ist wohl in Mesopotamien entstanden, denn die älteste Keramik, die mit Hilfe einer Töpferscheibe gefertigt wurde, hat man in Uruk-Warka gefunden; sie wird auf das Ende des 4. Jahrtausends datiert. Aus der einfachen Drehscheibe entwickelte sich allmählich die schnellaufende Töpferscheibe, die zu Beginn des 3. Jahrtausends in Ägypten bekannt wurde, Mitteleuropa aber erst in der Latènezeit, um 500 v. Chr., erreicht hat.

Wann, wo und wie der Mensch zu Rad und Wagen gekommen ist, darüber herrscht noch weitgehend Unsicherheit, wie ja überhaupt vieles, was im Dämmerlicht der Vor- und Frühgeschichte liegt, den Vermutungen und Deutungen weiten Spielraum läßt, so daß sich die Archäologen über so manche Frage noch keineswegs einig sind. Die ältesten Zeugnisse für den Gebrauch zwei- und vierrädriger Wagen stammen aus dem 4. vorchristlichen Jahrtausend – wiederum aus dem Zweistromland. Bekannt geworden ist ein Wagenmodell aus Tell Halaf (etwa 3600–3300 v. Chr.), und man weiß, daß die Sumerer Kriegswagen mit einem bereits hohen Grad der Vollkommenheit besaßen. Der Wagen ist jedoch sicher nicht im Rahmen einer Stadtkultur erfunden worden, sondern doch wohl von frei schweifenden Steppenvölkern West- und Zentralasiens. Ausgegangen ist die Urform des Karrens wahrscheinlich von der «Zugschleife» solcher Nomaden. Wir kennen diese «Schleifen» aus den Geschichten von den Prärie-Indianern: Es waren einfach zwei Stangen, die vom Zugtier (ursprünglich dem Hund, dann dem Pferd) geschleppt wurden. Was zu transportieren war, wurde auf diese Stangen gebunden. Der nächste Schritt dürfte der gewesen sein, daß man diese Schleifen mit einem Kasten zur Aufnahme des Transportgutes und an ihrem hinteren Ende mit Kufen versehen hat. Und dann traten an die Stelle der Kufen die Hinterräder, und schließlich wurde auch vorn eine Achse angebracht. Aber wann – das ist die Frage. Jedenfalls dürfte das Räderfahrzeug spätestens im 4. Jahrtausend in Zentralasien aufgekommen sein. Es ist sicherlich nicht, wie vermutet worden ist, dadurch entstanden, daß man Rollen oder Walzen unter einen Kasten gelegt hat, denn die untergelegte Walze ist grundsätzlich etwas anderes als das am

Wagengestell mit Hilfe einer Achse fest gelagerte Rad. Auch die Erklärung, daß sich die Wagenachse mit den Rädern aus einer Spindel mit zwei Wirteln entwickelt haben könnte, ist sehr unwahrscheinlich.

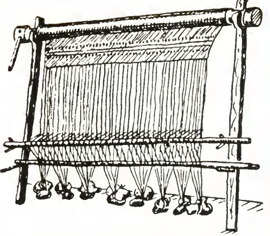
In den Königsgräbern von Ur (um 2500 v. Chr.) fand Leonard Woolley unter den Leichen der geopferten Gefolgsleute auch die Wagenlenker mitsamt Wagen und eingespannten Eseln. Aus etwa derselben Zeit stammt der plumpe Kastenwagen, der auf einer Steinstele des Eannatum von Lagasch im Zweistromland abgebildet ist. Die älteste Form des Rades war jedenfalls eine rohe, einfache Holzscheibe mit viereckigem Achsenloch in der Mitte. Verschiedene Abarten mit Verstärkungseinlagen führten nach 2300 v. Chr. zum Speichenrad. Für Mitteleuropa ist die früheste Kenntnis des Wagens bzw. Karrens durch ein Bild auf einer Steinkiste von Züschen aus der letzten Periode der Jungsteinzeit bezeugt; er ist zweirädrig und mit Ochsen bespannt. Man kennt auch aus Ausgrabungen Scheibenräder, die aber, bis auf ein jungsteinzeitliches aus einem Moor bei Oldenburg und ein gleiches von Aulendorf in Oberschwaben, schon der Bronzezeit angehören.

Früh finden wir die Drehbewegung, die ja für die spätere Technik so außerordentlich wichtig werden sollte, auch bei der Mühle und der Drechselbank. Freilich: seit wann der Mensch die Drehmühle kennt und wo sie zuerst auftritt, ist wiederum nicht mit Sicherheit zu sagen. Der Neolithiker benutzte zum Zerkleinern der Getreidekörner die Stampfe oder hin und her bewegte Reibsteine. Vom einfachen Mahl- und Reibstein gelangte der Mensch vielleicht über die Einsicht, daß bei dieser Arbeit eine kreisende Bewegung die zweckmäßigste war, zur Drehmühle. Möglicherweise kannte man gegen Ende des 2. vorchristlichen Jahrtausends im Gebiet von Palästina und Syrien schon eine einfache Handmühle, aber noch ohne Griff oder Kurbel, also noch ohne kontinuierliche Drehbewegung. Aber auch hier wieder können wir nur sagen, daß unsere Kenntnis von den Behelfsmitteln des Menschen aus so weit zurückliegenden Zeiten sehr lückenhaft sind. Auf sicherem Boden steht die Forschung erst mit der An-



So mag die Entwicklung des Wagens von der «Schleife» bis zum Rad vor sich gegangen sein

gabe des Plinius, die Drehmühle sei bei den Etruskern im 3. Jahrhundert vor Christus aufgekommen; mit der Drehmühle trat wohl zugleich auch die Kurbel auf. In China war sie zur Han-Zeit (202 v. Chr. bis 220 n. Chr.) jedenfalls in hoher Vollendung bekannt.

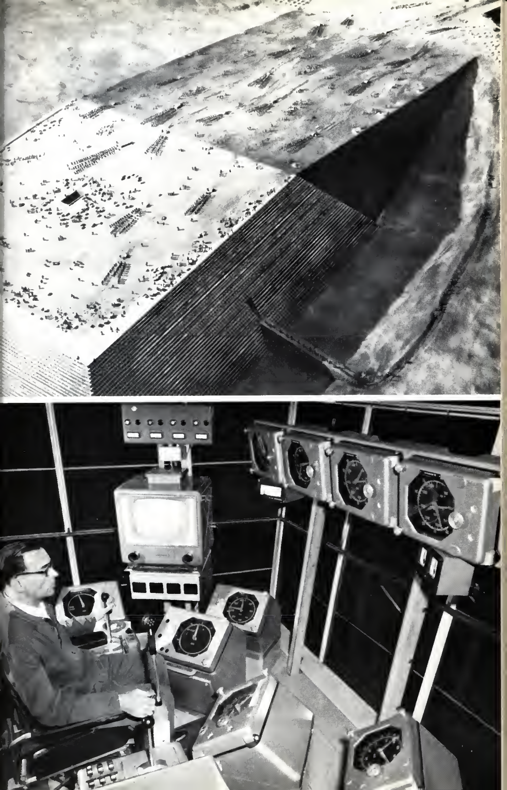


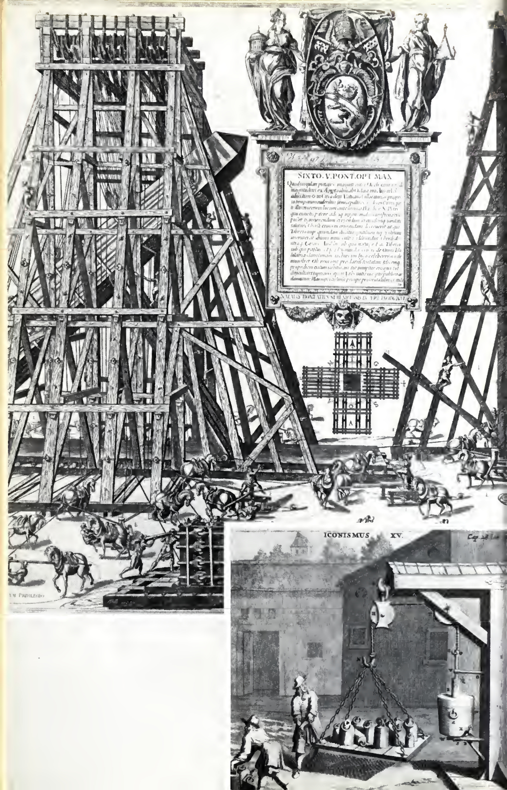
Bronzezeitlicher Webstuhl (Rekonstruktion)

Von der Drechselbank ist zu vermuten, daß sie mindestens zur Bronzezeit bekannt war, und zwar nach Art des Fiedelbohrers mit Bogenantrieb. Mit dieser einfachen «Universal-Werkzeugmaschine» konnte man abdrehen, ausdrehen und ausbohren, schleifen, fräsen und polieren.

Zu den Urerfindungen, die für die kulturelle Entwicklung der Menschheit von besonderer Bedeutung waren, gehört auf jeden Fall auch der Webstuhl. Der Mensch der Mittelsteinzeit kannte bereits die Flechtkunst, und aus dieser muß sich die Weberei entwickelt haben. Die ältesten überhaupt bekannten Spinnwirtel hat man bei Ausgrabungen der Stadtanlage von Anau in Turkestan gefunden, und zwar in Schichten, die dem 4. Jahrtausend angehören. Spindeln, Spinnwirtel und Webegewichte kennt man in großer Zahl aus Schweizer Pfahlbausiedlungen der Jungsteinzeit und der älteren Bronzezeit, aus dieser auch Reste von Leinengeweben. So fand beispielsweise im Pfahlbau Robenhausen der erste Entdecker, Messikomer, nicht nur Textilprodukte, die von einer hochentwickelten Flachsindustrie und Webtechnik zeugten, sondern auch verschiedene dazugehörige Werkzeuge, wie hölzerne Flachsbrechen, Karden, knöcherne Hecheln, ferner Spindeln und Spulen und tönerne wie steinerne, oft hübsch verzierte Spinn-

DER MENSCH UND DIE TECHNIK: Vor 4500 Jahren mußten viele Zehntausende fronen, um die Pyramiden der Pharaonen entstehen zu lassen. Über eine riesige Rampe wurde Quader um Quader allein von Menschenkraft emporgeschleift. Heute bedient ein einziger Mann mit Hilfe von Fernsehen, Sprechfunk, Rohrpost und Fernsteuerung vom Leitstand aus die mächtige Walzstraße eines Grobwalzwerks




SIXTO.V.PONT.OPT.MAX
ICONISMUS XV.

wirtel. Auch im neolithischen Gräberfeld von Walternienburg (Kreis Jericho) sind Spinnwirteln aus Ton und Stein in Form niedriger Kegel oder dicker Scheiben entdeckt worden. In der Schweiz sowohl wie im Norden wurde zu jener Zeit Flachs (Lein) angebaut. Im Alten und im Mittleren Reich Ägyptens (2500–1700 v. Chr.) war der horizontale Webstuhl in Gebrauch, wie auch sonst im Orient; im Neuen Reich (nach 1500 v. Chr.) tritt auch der senkrechte Webstuhl auf. Man kennt als Grabbeigaben Modelle einer ägyptischen Spinn- und Webstube aus der Zeit um 2300 und 2100 v. Chr. In Mitteleuropa war damals der senkrechte zweischäftige Gewichtwebstuhl üblich. Sein Aussehen kennt man erst aus einer Ritzzeichnung auf einer Urne der Hallstattzeit aus Oedenburg. Ein Webehäuschen aus dieser Zeit (etwa 1200–800 v. Chr.) wurde bei der Ausgrabung auf dem Goldberg bei Nördlingen in einem Hallstattdorf zutage gefördert, das zahlreiche zerbrochene Webstuhlgewichte und die charakteristische Webegrube für diese Gewichte aufwies. Mit dem Verweben von Tierwolle wurde frühestens gegen Ende der Jungsteinzeit begonnen.

Auch die Anfänge der Schiffahrt verlieren sich im Dunkel der Vorzeit. Der Mensch der Mittelsteinzeit hat das Floß gekannt, den Einbaum, sicher auch das Fellboot nach der Art der Kajaks und Umiaks, wie sie die Eskimos noch heute benutzen. Zeugnisse dafür liegen mehrfach vor. So fand man beispielsweise Holzpaddeln in den Maglemoseschichten vom Duvensee bei Lübeck, in Seamer (Yorkshire) sowie in der Nähe von Perth in Schottland einen mittelsteinzeitlichen Einbaum. Die frühe Besiedlung oft weit vom Festland entfernter Inseln und Inselgruppen – die britischen Inseln, Kreta, Sardinien und Helgoland waren bereits zur Jungsteinzeit bewohnt – legt den Gedanken nahe, daß das eigentlich nur mit seetüchtigen Floßen oder gar Plankenschiffen geschehen sein kann. Ägypten kannte bereits zu vordynastischer Zeit, also im 4. Jahrtausend, das Nilschiff mit niedrigem, mondsichelartig gekrümmtem Rumpf, dessen Gefüge allerdings noch mit Seilen zusammengehalten wurde, und im Alten Reich war bereits das Segelschiff in Gebrauch. Im 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung entwickelte sich im Mittelmeer ein lebhafter Handelsschiffsverkehr; bis um 1400 v. Chr. war Kreta die beherrschende Seemacht, dann trat es seine Führerrolle an die Phönizier ab.

DIE ERSTE TECHNISCHE REVOLUTION KÜNDIGT SICH AN: Eine Großtat der «alten» Technik und ihrer Hilfsmittel – Muskelkraft von Mensch und Tier, Hebel und Winden, Rollen und Göpel – war die Errichtung des Vatikanischen Obelisken 1586 in Rom. Rund achtzig Jahre später wird mit Otto von Guerickes «Magdeburger Versuchen» eine neue Kraft erkennbar: Die Luft, die einen Kolben in einen luftleer gepumpten Zylinder drückt, leistet Arbeit

Wenn wir hier von Alt-, Mittel- und Jungsteinzeit sprechen, so wollen wir nie vergessen, daß wir dabei stets nur Europa und Vorderasien im Auge haben. Fast alle «Naturvölker» und manche Kulturvölker – man denke nur an die vorkolumbischen Hochkulturen Mittel- und Südamerikas, in denen Metall nur zu Schmuck, nicht aber zu Werkzeugen oder Waffen verarbeitet wurde – haben bis zur Begegnung mit dem weißen Mann «in der Steinzeit» gelebt, so wie es bis in unsere Tage die Eskimos getan haben und zum Teil die Ureinwohner von Neuguinea oder Inner-Australien noch tun.

Die Werkzeuge und Waffen aus Stein und Knochen, die hölzernen Geräte, die tönernen Gefäße der frühen Kulturen mögen zu noch so hohem Stand gebracht worden sein – entscheidend für den Fortgang der Geschichte, und vor allem für den der Technikgeschichte, ist der Aufgang der Metallzeit geworden. Mit Kupfer hat es angefangen, ihm folgten die Bronze und das Eisen, und wir selbst sind noch Zeugen gewesen für den Beginn eines neuen Abschnitts der Metallzeit – des der Leichtmetalle, der schließlich seinerseits wieder überlagert wird von einer ganz neuen Epoche: von der Kunststoffzeit.

Angefangen hat die Metallzeit damit, daß der Mensch der altweltlichen Jungsteinzeit auf das mancherorts gediegen, also in rein metallischer Form vorkommende Kupfer aufmerksam wurde. Zunächst hämmerte man den weichen «roten Stein» kalt. Der älteste bisher bekannte Kupfergegenstand dieser Art wurde anläßlich der Grabungen in einem Tell bei Sialk (Iran) aus den untersten Kulturschichten zutage gefördert. Er ist gehämmert und wird auf den Anfang des 4. Jahrtausends datiert. Sicherlich erforderte es eine ganze Reihe von Jahrhunderten, bis der Mensch es lernte, das gediegene Kupfer, das er vom Boden auflas, zu schmelzen; nach und nach kam er dann auch darauf, das Kupfermetall aus oxydischen Kupfererzen (Malachit, Kupferlazur), später auch aus schwefelhaltigen Erzen (Kupferkies, Kupferglanz usw.) durch Ausschmelzen zu gewinnen. Wo das zuerst geschah, ist eine noch offene Frage. Es dürfte wohl mehrere voneinander unabhängige Zentren früher Metallurgie gegeben haben. Die Erzverhüttung und die Gießtechnik sind jedenfalls entscheidende Erfindungen des 4. vorchristlichen Jahrtausends; ihre Anfänge hat man ohne Zweifel im Vorderen Orient zu suchen. Auch kulturell und soziologisch bedeutet der Beginn der Metallzeit einen bedeutenden Schritt nach vorwärts insofern, als die Metallbearbeitung das Schaffen von zünftigen Handwerkern voraussetzt, während etwa die Töpferei und die Weberei für lange Zeit noch eine ausgesprochene Heimarbeit darstellte.

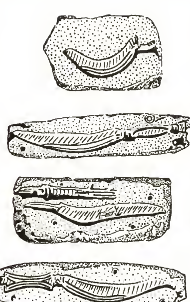
Ägypten kannte das Kupfer als Werkstoff schon in den ältesten Zeiten,

und die Sumerer besaßen bereits in der ersten Hälfte des 3. Jahrtausends eine hochentwickelte Gold- und Kupferschmiedekunst. Die Gewinnung von Kupfer im Gangbergbau, die wohl zuerst in der östlichen Hälfte des Mittelmeerbeckens betrieben wurde, dann besonders auch auf Zypern, in Ägypten (um 2700 v. Chr. im Wadi Megarha und auf der Sinaihalbinsel) und in Spanien (z. B. bei Oviedo in Asturien), geschah nach denselben bergmännischen Methoden, die schon der Mensch der Mittelsteinzeit im Flintbergbau geübt hatte. Als neu kam das Feuersetzen hinzu; das Gestein wurde durch starke Feuerbrände zuerst erhitzt und dann mit kaltem Wasser übergossen, um es mürbe zu machen. Die ältesten Spuren dieses noch bis in die Neuzeit hinein geübten Verfahrens hat man in Spanien aufgedeckt. Der Kupfergangbergbau im Salzburger Alpengebiet, etwa am Mitterberg bei Bischofshofen, ist zwar erst in der beginnenden Bronzezeit in Betrieb genommen worden, die oberflächliche Ausbeutung dieser reichen Kupfervorkommen dürfte jedoch erheblich weiter zurückliegen.

Obwohl es zweifellos schon in der Jungsteinzeit einen regen Tauschhandel zwischen den Völkern Europas und Vorderasiens gab, gehörten Kupfer und Kupferwaren nicht zum europäischen Import, ebensowenig wie anzunehmen ist, daß metallurgische Kenntnisse über weite Strecken übertragen worden sind. Zu dieser Zeit dürften die Bewohner der Donau- und Balkanländer das dort vorkommende gediegene Kupfer gekannt und genutzt haben, und das gleiche gilt wohl auch für Mitteldeutschland, obwohl das nicht zu beweisen ist, da für die Endperiode der Jungsteinzeit keine unmittelbaren Spuren bergbaulicher Tätigkeit in Mitteldeutschland mehr gefunden worden sind. Immerhin konnte aus chemischen und spektralanalytischen Untersuchungen die bodenständige Herkunft jungsteinzeitlicher und frühbronzezeitlicher Metallfund-



Feuersetzen im bronzezeitlichen Bergbau. Dieses Verfahren, das Gestein mürbe zu machen, war noch bis ins 18. Jahrhundert hinein üblich



Bronzezeitliche Gußformen

stücke (Kupferflachbeile, Spiralarmringe usw.) erwiesen werden; das heißt aber, daß die mitteleuropäischen Kupfergeräte aus einheimischen Erzen hergestellt worden sind. Ebenso kann die Herkunft eines Kupferschmelzstücks aus einer Siedlung der vollneolithischen Mündshöfer Kultur Salzburgs, die der ostbayerischen Bandkeramik angehört, aus alpiner Lagerstätte als gesichert gelten.

Die bronzezeitliche Gießtechnik ist aus zahlreichen Funden im europäischen Boden genau bekannt, und sie wird beim Kupferguß der vorangehenden Epoche nicht viel anders gewesen sein. Das Gebläse zum Anblasen der Schmelzöfen war im europäischen Raum der Blasebalg aus Tierhaut; das Verfahren war vermutlich das gleiche wie das im Neuen Reich Ägyptens um 1475 v. Chr., das auf einer Malerei im Grab des Rekhmara zu Theben dargestellt ist. Für die frühe Kenntnis des Gebläses in Mitteleuropa spricht der Fund eines trichterförmigen Gebläsekopfes aus Ton, der für ein Schalengebläse bestimmt war und bei einer Grabung bei Prein a. d. Rax im südöstlichen Österreich zutage gefördert wurde. Hier fand man auch weitere Reste von Schmelzanlagen. Diese Funde gehören freilich erst der älteren Hallstattzeit an, lassen aber die Vermutung zu, daß sie auf älterer Tradition fußen. Als Gerät zum Schmelzen dienten dickwandige Tiegel aus Ton. Die Verfahren waren je nach dem Zweck verschieden. Man kannte den Herdguß (die einfachste Form) und den Schalenguß; spätere Errungenschaften sind der Guß in der verlorenen Form (das Wachsausschmelzverfahren) und der Kernguß.

Nun hatten also die Jungsteinzeitleute ihre aus gehämmertem oder gegossenem Kupfer gefertigten Geräte. Aber hatten sie damit tatsächlich viel gewonnen? Das weiche Kupfer bedeutete hinsichtlich der technischen Qualität des Materials für Werkzeuge doch wahrlich keinen wesentlichen Fortschritt gegenüber den zu höchster Perfektion gebrachten Steinwerkzeugen. Erst der nächste Schritt hat den wirklichen Wandel geschaffen: Die Erfindung der harten (und leichter schmelzbaren) Kupfer-Zinn-Legierung, die

wir Bronze nennen. Die Bronze brachte jenen Werkstoff, der geeignet war, das Steinmaterial vollwertig zu ersetzen und als besser schließlich ganz zu verdrängen.

Die Bronze kann nur dort erfunden worden sein, wo es Lagerstätten gab, die Kupfererze und Zinnerze zugleich bargen. Denn nur dadurch, daß man mit dem Kupfererz zugleich das im gleichen Gang vorkommende Zinnerz schmolz, konnte man – rein zufällig zunächst – die harte Kupfer-Zinn-Legierung bekommen, und wir können uns vorstellen, welch freudige Überraschung es für die vorzeitlichen Metallurgen bedeutete, als sie plötzlich statt des weichen roten Kupfers das goldglänzende harte Bronzemetall im Schmelztiegel vorfanden. Die Voraussetzung für die Bronzegewinnung, das gemeinsame Vorkommen von Kupfer- und Zinnerz, ist im Vorderen Orient gegeben, sie trifft aber auch für das britische Cornwall zu, das in der Bronzezeit denn auch zum Hauptlieferanten von Zinn für die damalige Welt geworden ist. Auch im Vogtland, gelegentlich im sächsischen Erzgebirge, kommen Kupfererz und Zinnerz auf denselben Gängen vor.

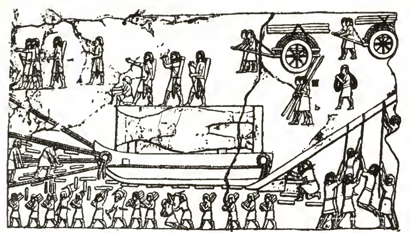
Daraus, daß die gemeinsamen Vorkommen von Kupfer- und Zinnerzen weit voneinander getrennt lagen – über Strecken entfernt, die selbst die längsten Handelswege der Vorzeit nicht miteinander verbanden –, darf man schließen, daß die Entdeckung der Bronze wiederum unabhängig in verschiedenen Weltgegenden vor sich gegangen ist, jeweils dort, wo die Vorbedingungen zutrafen, und zwar beginnend mit der zweiten Hälfte des dritten vorchristlichen Jahrtausends. Und aus dem vorhin Gesagten folgert, daß man sich diese Entdeckung nun nicht so vorstellen kann, als habe der vorgeschichtliche Erzschmelzer oder Metallgießer eines schönen Tages einfach damit begonnen, dem geschmolzenen Kupfer einen bestimmten Prozentsatz Zinn zuzusetzen. Es mußten seit der ersten Zufallsentdeckung lange Zeiträume vergehen, bis es klar wurde, welche metallischen Beimengungen dem Kupfer die besondere Qualität gaben, bis man das weiße Metall Zinn selbst rein erzeugte und dem Kupferschmelzgut bewußt zusetzte. Zwischen der Entdeckung der ersten Kupfer-Zinn-Legierungen und dem Zeitpunkt des absichtlichen Legierens der Metalle müssen viele Jahrhunderte liegen. Bekannt ist ja auch, daß die ältesten Bronzegegenstände in Europa wie im Orient (etwa 2000 v. Chr. in Ägypten) noch sehr zinnarm waren; Zinn als reines Metall konnte erst um diese Zeit gewonnen werden. In China stoßen wir auf die ältesten Bronzefunde in der Schang-Dynastie (1450–1050 v. Chr.).

Pyramiden und Entwässerung

Seit der ausgehenden Steinzeit hatte sich in Europa eine einfache Bauernkultur entwickelt, die – vom Mittelmeerraum abgesehen – noch für Jahrtausende diesem Gebiet das Gepräge geben sollte – mit Dorfgemeinschaften, wie sie noch im Hochmittelalter außerhalb des Einflusses der römischen Kolonisation vorherrschten. Im Vorderen Orient hingegen entstanden mit der Wende von der Stein- zur Metallzeit die ersten städtischen Kulturen. Dorthin verlagert sich also der Schwerpunkt der weiteren kulturellen und technischen Entwicklung der Menschheit. Dort konnten die frühen Hochkulturen erblühen, die für den Westen wie für den Osten zu Ausstrahlungszentren wurden.

Die Entwicklung der ersten Hochkulturen in Mesopotamien, Ägypten und Indien wurde wesentlich bestimmt durch die großen Ströme: Euphrat und Tigris, Nil und Indus. Der Boden der Überschwemmungstäler war außerordentlich fruchtbar, aber gerade die Tatsache der regelmäßig wiederkehrenden Überschwemmungen stellte den Völkern besondere technische Aufgaben, was eine straffe staatliche Organisation erforderte. Zwischen rund 3100 und 2500 v. Chr. entstanden am Unterlauf von Euphrat und Tigris die ersten Stadtkulturen der Sumerer, eines hellhäutigen, dunkelhaarigen Volkes, das im Laufe des 4. Jahrtausends von Norden her eingewandert sein muß. Es brachte eine bereits entwickelte Kultur mit. Die Sumerer schufen die Keilschrift, eine Bilderschrift, die sie in Tontäfelchen eingruben, die dann gebrannt wurden. Ihre Häuser bauten sie aus luftgetrockneten, später aus gebrannten Ziegeln. Sie errichteten großartige Tempelbauten – der berühmte «Turm von Babel» war ein nach dem Prinzip des sumerischen Zikkurats errichteter Stufenturm – und Paläste mit farbigen Wandmosaiken, die aus Tonstiften zusammengesetzt waren. Bei diesen Bauten fanden auch Kalksteine Verwendung. Fayence und Glasieren haben hier ihren Ursprung (aber selbstverständlich hat die chinesische Keramik ihre eigene Wurzel und Entwicklung).

Ein umfassendes Bild der frühen Kulturen zu geben, kann nicht unsere Aufgabe sein – es gibt ja gerade jetzt dank des weit verbreiteten Interesses für die Archäologie eine Fülle von Werken, die in Wort und Bild Alltag und Feiertag der Sumerer, Assyrer und Babylonier schildern. Uns geht es hier um die technischen Leistungen, soweit sie für die Zeit wichtig waren und für die Zukunft wesentlich wurden. In erster Linie gilt dies für den Wasserbau im Zweistromland (genau wie in Ägypten). Denn von der rech-

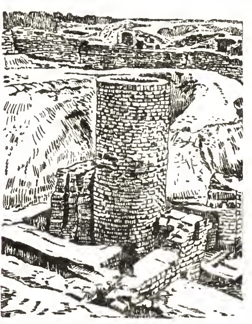


Rolle und Hebel beim Transport eines Standbildes im alten Ninive (7. Jhdt. v. Chr.)

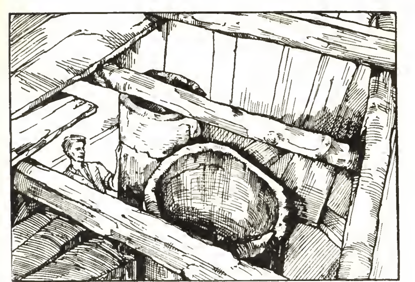
ten Nutzung des Wassers hing die Fruchtbarkeit des Landes und damit das Wohl und Wehe seiner Bewohner ab. Wenn wir in den uralten Keilschrifttexten – etwa in den Gesetzen Hammurabis (um 1700 v. Chr.), die an ältere sumerische und akkadische Gesetzbücher anknüpfen – von «Wasserrädern» lesen, so sind damit bereits recht komplizierte Anlagen gemeint, die (neben einfachen Schöpfeimervorrichtungen) der Landbewässerung dienten. Flußregulierungen, Kanalsysteme und Bewässerungsanlagen großen Maßstabes machten das Land zu einer Kornkammer. Die Wasserbauten des Zweistromlandes erregten noch nach mehr als einem Jahrtausend die Bewunderung des griechischen Reisenden und Geschichtsschreibers Herodot (5. Jhdt. v. Chr.). Solche Anlagen erforderten naturgemäß die ständige Arbeit zahlreicher Menschen und unausgesetzte Betreuung, und es besteht durchaus die Möglichkeit, daß die alten Kulturen Mesopotamiens nicht zuletzt durch das Versagen der Bewässerung zugrunde gegangen sind: Kriegerische Ereignisse mögen das meiste zur Zerstörung der Anlagen beigetragen haben.

Verdienen schon die alten Völker des Nahen Ostens hinsichtlich der technischen und organisatorischen Bewältigung all der Probleme, die beim Wasserbau zu lösen waren, unseren Respekt, so bieten uns die Funde aus dem Indus-Tal geradezu ungewöhnliche Überraschungen. Wieder ist es ein großes Stromtal – wie in Mesopotamien, wie in Ägypten, wie in China –, in dem eine frühe Hochkultur entstanden ist. Etwa um 3000 v. Chr. müssen Menschen die Ufer des Indus und seiner fünf Nebenflüsse besiedelt haben; wenige Jahrhunderte später schon waren Städte entstanden, die in ihrer Blütezeit (etwa 2800–2400 v. Chr.) geradezu modern angemutet

haben müssen. Jack Finegan hat in seinem Indienbuch die beiden am besten durchforschten vorgeschichtlichen Städte – man kennt ihre wirklichen Namen nicht, sondern nennt sie nach den Fundorten Mohenjo-Daro und Harappa – wie folgt geschildert: «Diese Städte waren, bevor man an ihre Erbauung gegangen war, regelrecht geplant worden. Mohenjo-Daro wurde unmittelbar am Flußufer angelegt und nahm eine Fläche von über hundert Hektar ein. Seine Straßen liefen von Norden nach Süden und von Osten nach Westen und schnitten sich rechtwinklig. Die Hauptstraße war etwa zehn Meter breit. Die mehrstöckigen, winkelrecht erbauten Häuser bestanden aus gebranntem Lehm. Das Leben spielte sich in offenen Höfen ab; im Innern der Häuser befanden sich Brunnen und Baderäume. Auch Müllschlucker und Abflußröhren für Abwasser waren vorhanden. Die Straßen hatten breite Abflußkanäle aus Steinen, die in Asphalt verlegt waren, mit abhebbaren Steinplatten, die das Reinigen ermöglichten ... Handwerker verfertigten aus dem Ton des Flußufers vorzügliche Töpferwaren, färbten sie rot und bemalten sie mit schwarzen Mustern; mannigfache Werkzeuge und Geräte aus Kupfer und Bronze, Schmucksachen aus Silber, Gold, Elfenbein und Halbedelsteinen wurden gefunden.


Ein aus gebrannten Ziegeln gemauerter Brunnenschacht in Mohenjo-Daro

... Besonders aufschlußreich für die Menschen dieser Kultur ist, wieviele Spielsachen sie für die Kinder hatten: winzige Abbilder von Hausgerät, Tiere mit beweglichen Köpfen und zweirädrige, von Buckelrindern gezogene Karren. Und wenn man nun noch hört, daß alle Häuser Sitzklosetts hatten (wie sie aus dem 3. Jahrtausend auch in einem Palast in Tell Asmar am Tigris und im Alten Reich Ägyptens zur Zeit der dritten Dynastie [um 2700 v. Chr.] bekannt sind) und daß es eine große zentrale Badeanstalt von rund 55



Bronzezeitliche Fassung der Mauritiusquelle in St. Moritz

mal 32 Metern Grundfläche mit einer Heizanlage gab, wundert einen das nach den vorausgegangenen Schilderungen kaum noch. Das Schwimmbecken der Badeanstalt war, genau wie die großen Abflußkanäle, sorgfältig mit Asphalt isoliert. Bemerkenswert sind auch die mit gebrannten Ziegeln ausgemauerten Brunnenschächte, die man in Mohenjo-Daro aufgedeckt hat. Der Kopf des Brunnens ragt nur wenig über den ihn umgebenden gepflasterten Hof heraus. Der Brunnen selbst hat eine lichte Weite von etwa 90 cm und ist mit keilförmigen Backsteinen eingefaßt; noch heute weisen diese Steine tiefe Furchen auf, die von den Stricken herrühren, an denen die Schöpfgeräte herabgelassen wurden. Was die uns unbekannten Träger dieser Mohenjo-Daro-Kultur (die Beziehungen zur sumerischen und ägäischen Kultur erkennen läßt) an städtebaulichem und hygienischem Können besaßen, ist unter dem Ansturm der Ariervölker zugrunde gegangen; ähnlich Bewunderungswürdiges begegnet uns erst gut zwei Jahrtausende später bei den Römern wieder.

Die Brunnen von Mohenjo-Daro allerdings stehen nicht einzig da. Auch das Alte Reich Ägyptens und die Länder der Bibel kannten den künstlichen Brunnenbau. Wahrscheinlich stammen die uralten Brunnen in der Nähe der Pyramiden noch aus der Zeit, in der diese gebaut wurden. also aus der Zeit um und nach 2700 v. Chr., und nicht anders ist es mit den Oasenbrunnen in der Nähe von Theben und Gharb, die eine große Tiefe

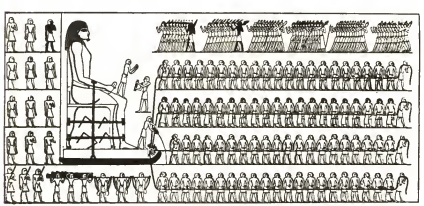
aufweisen, wenn auch der um 320 v. Chr. lebende Theophrast mit seiner Tiefenangabe – er nennt Tiefen bis zu 600 Fuß – ein wenig übertrieben haben dürfte. Bei dieser Gelegenheit sei gleich des besonders bemerkenswerten ältesten Brunnens auf mitteleuropäischem Boden gedacht, der aus der Bronzezeit stammenden ersten Fassung der Mauritiusquelle von St. Moritz im Engadin. Gelegentlich der Arbeiten an einer Neufassung der «Alten Quelle» stieß man 1907 in einer Tiefe von 1,30 bzw. 1,45 m unter der Erdoberfläche auf die oberen Ränder zweier Röhren aus Lärchenholz, deren hohes Alter durch Bronzegeräte, die man am Grunde dieser alten Fassung fand, erwiesen wurde. Die äußere Einfassung war ein Blockbau aus Rundhölzern von 2,5 bis 4 Metern Länge, die innere Einfassung, aus starken Planken bestehend, war von der äußeren etwa 20 bis 30 Zentimeter entfernt. Innerhalb dieser Planken befanden sich die beiden Holzröhren, durch die das Mineralwasser aufstieg; die obere Weite der größeren Röhre betrug 1,12 Meter, die untere Weite 1,40, während die entsprechenden Maße bei der kleineren Röhre 0,78 und 1,07 Meter waren. Das Alter der Anlage wird auf rund 3400 Jahre geschätzt. Aus etwa der gleichen Zeit – um 1500 v. Chr. – stammt auch der Brunnen in Servirola bei Sanpolo d'Enza, der 16 Meter tief ist und 1,25 Durchmesser hat. Der jüngsten Bronzezeit dürften die Brunnenanlagen angehören, die in tirolischen Ringwällen und in Budsene (Dänemark) aufgedeckt wurden. Funde solch alter Brunnen gehören zu den größten Seltenheiten.

Doch zurück nach Alt-Ägypten! Für die Technikhistorie ist das Land der Pharaonen vor allem durch zwei Leistungen von Bedeutung: Durch seine Pyramiden und durch seine Bewässerungsanlagen. Am stärksten beeindrucken den Reisenden noch heute die Monumentalbauten der Pyramiden (Tafel S. 35). Sie stellen eine einzigartige technische und organisatorische Leistung dar. Herodot berichtet, daß rund 100000 Arbeiter 20 Jahre lang an der Cheopspyramide (um 2500 v. Chr.) gearbeitet haben. Davon entfielen 10 Jahre auf den Bau der ungefähr 1 km langen Zufahrtsrampe vom Nil zum Bauplatz und 10 Jahre auf den Bau der großen Pyramide selbst. Man hat sich lange Zeit gern vorgestellt, daß es Sklaven waren, die die unvergänglichen Monumente der Pharaonen errichten mußten. Das ist historisch nicht haltbar. Die Arbeit an den Pyramiden ist vielmehr von Bauern geleistet worden, und zwar stets nur in den drei Monaten, in denen der Nil die Felder überschwemmte und die Bauern nichts zu tun hatten. Sie wurden für ihre Arbeit auch entlohnt, und der Staat sorgte für Unterkunft und Verpflegung. In die Zahl von 100000 Arbeitern, die Herodot angibt, sind natürlich auch die Steinmetzen der Brüche, in denen das Baumaterial gewonnen wurde, und die Mannschaften der Transportflottille einbegriffen, die mit ihren Nilbarken

die Blöcke in die Nähe des Bauplatzes schafften. Die Zahl dieser Steinblöcke, von denen jeder einen Kubikmeter groß war und etwa 2500 Kilo wog, hat man auf 2 600 000 berechnet. Man hat berechnet, daß bei einem Arbeitstag von rund 12 Stunden täglich ungefähr 500 bis 2000 Quader verlegt wurden. Gebrochen wurden die Steine in einer Art, die die Araber noch heute anwenden: man bohrte Löcher reihenweise in den Stein, trieb Holzkeile hinein und begoß diese mit Wasser. Das quellende Holz sprengte dann den Stein ab.

Bei ihren Bewässerungsanlagen haben die Ägypter bereits mit Schöpfwerken verschiedener Art gearbeitet, darunter auch mit jener Schraube, deren Erfindung man Archimedes zugeschrieben hat (s. S. 56).

Schon im Alten Reich Ägyptens entwickelte sich die Hieroglyphenschrift. Schreibmaterial war seit dem 3. vorchristlichen Jahrtausend der Papyrus. Der Stengel im Mark der Papyrusstaude, eines bis 3 Meter hohen Zypergrases, wurde, wie wir heute sagen würden, fabrikmäßig verarbeitet: in Streifen geschnitten, und zu je zwei Schichten kreuzweise unter Verwendung einer einfachen Hebelpresse aufeinandergepreßt. Der Saft des Marks leimte sozusagen die Schichten zusammen, und dann wurden die so entstandenen Blätter geglättet und getrocknet, zu Streifen aneinander geleimt. Beschrieben wurde die Oberseite – das war die Seite, auf der die Fasern horizontal verliefen. Die Tinte wurde aus Ruß hergestellt; für ihre Qualität spricht, daß sie noch heute aussieht, als sei sie eben erst auf den Papyrus gekommen. Geschrieben wurde zunächst mit einem schräg zugeschnittenen Binsenhalm, später – seit dem 3. Jahrhundert v. Chr. – mit der Rohrfeder, dem Kalamos.



Menschenkraft statt Maschinen: So wie diese Statue wurden auch die Quader der Pyramiden geschleppt

Seit etwa 2600 v. Chr. ist die gleicharmige Waage nachweisbar, und im Neuen Reich (seit etwa 1200 v. Chr.) war auch die ungleicharmige, die sogenannte «römische» Waage, bekannt. Die Wasseruhr aus Stein ist für die Zeit um 1400 belegt. Zu diesem Zeitpunkt kannte man auch schon Zahnradschöpfwerke für die Feldbewässerung. Diese dürften nicht viel anders ausgesehen haben als die primitiven Göpel zum Wasserpumpen, die Max v. Eyth zu Tausenden vorfand, als er 1863 nach Ägypten kam. Die Zähne der hölzernen Zahnräder bestehen aus rohen Holzstiften, die sich im Laufe der Zeit an den Berührungsflächen kurvenartig abschleifen. Diese Göpel betreiben entweder ein Schöpfrad, an dessen Umfang Tonkrüge angebunden sind, oder sie bewegen ein endloses Seil, an dem Tonkrüge hängen.

Wie vielfältig sich die handwerkliche Arbeit in Alt-Ägypten auf die verschiedensten Verrichtungen aufteilte, zeigen zahlreiche Wandmalereien und Reliefs in den Grabbauten. Da sehen wir beispielsweise den Metallschmelzer; im Alten Reich arbeitete er mit Blasrohren, im Neuen Reich benutzte er ein Gebläse aus niedrigen Schalen, die mit gefettetem Leder überspannt waren. Bemerkenswert ist eine aus je 0,8 m langen schmalen Kupferblechen zusammengebogene Abwasserrohrleitung für eine Badewanne, die man im Hof der Pyramide des Königs Sa-nu-re bei Abusir (um 2550 v. Chr.) gefunden hat; die rund 400 m lange Rohrleitung hat 4,7 cm Weite und war mit Gips in u-förmig ausgehauenen Steinrinnen verlegt.

Aus der Zeit der 12. Dynastie, im Mittleren Reich um 1830 v. Chr., stammen die ersten Belege für die Kunst des Glasschmelzens: Glasstäbchen, die in der Art der sogenannten Millefiori-Technik aus blauen und weißen Glasstreifen zusammengesetzt sind. Eine dunkelblaue durchscheinende Vase mit eingeschmolzenen andersfarbigen Glasverzierungen ist um etwa 500 Jahre jünger. Im Neuen Reich ist dann das Glas nicht mehr selten, es kommt jedoch stets nur geschmolzen, nie geblasen vor. In der späteren Bronzezeit gelangten ägyptische Glasperlen bis nach Mittel- und Nordeuropa (um 1600 bis 1400 v. Chr.). Dieser Import dauerte den ganzen frühgeschichtlichen Zeitraum hindurch an. In der Hallstattzeit erscheinen in Europa auch bunte Glasgefäße aus dem Nilland. Klares durchsichtiges Glas konnte man erst in der Zeit um Christi Geburt herstellen, und aus dieser Zeit dürfte auch die früheste Anwendung der Glasmacherpfeife stammen, mit der dann die Kunst des Glasblasens ihren Anfang nahm.

Als das dritte der großen vorgeschichtlichen Zeitalter folgt auf die Stein- und Bronzezeit die Eisenzeit. Wollte man den Begriff wortwörtlich auffassen, so müßten auch wir noch in der Eisenzeit leben; denn das Metall, das der Mensch mit dem Ausgang der Bronzezeit aus dem Erz zu schmelzen und zu schmieden lernte, bestimmt im Grunde genommen die gesamte Technik weitgehend bis auf den heutigen Tag. Im engeren Sinn aber verstehen wir unter der Eisenzeit jene Epoche der frühen Menschheitshistorie, die vom Ende der Bronzezeit bis zum Beginn der eigentlichen, der schriftlich überlieferten Geschichte dauert.

Selbstverständlich vermag man nicht eine einzelne Jahreszahl anzugeben, mit der die Eisenzeit beginnt. Wann das Eisen für Werkzeug und Waffen die Bronze verdrängt hat, das ist für die einzelnen Teile der Welt ganz unterschiedlich. Der große schwedische Vorgeschichtsforscher Oskar Montelius hat schon im Jahre 1920 hinsichtlich der Anfänge der Eisenzeit ein Schema aufgestellt, dem andere bedeutende Wissenschaftler im wesentlichen beigestimmt haben:

Orientalisches Gebiet am Mittelmeer	13. Jhdt. v. Chr.
Süd- und Mittelitalien	gegen 1100 v. Chr.
Norditalien, Alpen, Donaugebiet	gegen 1000 v. Chr.
Mitteleuropa	9.–7. Jhdt. v. Chr.
Nordeuropa	8. Jhdt. v. Chr.

Als das erste Volk, das Eisen als Nutzmetall verwendete, wollte man lange Zeit die Hethiter ansehen, ein Volk, das zu seiner Blütezeit – etwa von 1500–1200 vor unserer Zeitrechnung – große Teile Kleinasiens beherrscht hat. Diese Annahme, die im wesentlichen auf Texten aus den Tontafelarchiven der hethitischen Hauptstadt Chattuša (heute Boghazköy in der Türkei) fußte, ist heute fallengelassen worden. Nach den neuesten Forschungsergebnissen ist der Beginn der eigentlichen Eisenzeit, also der Beginn einer bewußten Herstellung von Eisenerzeugnissen aus den Erzen, erst auf das 13. vorchristliche Jahrhundert anzusetzen.

Das soll nun freilich nicht heißen, daß es nicht bereits Eisenfunde vor dem Aufgang der Eisenzeit gäbe. So hat man solche aus Ägypten bereits vom 4. vorchristlichen Jahrtausend sowie aus der Zeit der Pyramidenbauer (um 2500 v. Chr.), und man kennt auch beispielsweise den Rest einer Dolchklinge vom Tell Asmar bei Bagdad aus dem 28. Jahrhundert v. Chr.; er steckte in einem Bronzegriff. Ein weiterer Beweis früher Verwendung ist der Rest eines völlig oxydierten Eisenstücks, das in Mesopotamien bei der Ausgrabung des Tell Chagar Bazar gefunden wurde

und der Zeit von etwa 3000 bis 2700 v. Chr. angehört. All diese und andere vereinzelte Vorkommen von eisernen Waffen sind jedoch noch keine Anzeichen dafür, daß man wirklich regelmäßig Eisen gewonnen und verarbeitet hat; solche Funde sind vielmehr entweder aus Meteoreisen geschmiedet, oder es handelt sich um die Produkte zufälliger Gewinnung von Eisen als Nebenprodukt beim Kupferschmelzen. Eisen galt bis ins 13. Jahrhundert in Ägypten und im Ägäischen Kulturkreis mit der Hauptmacht Kreta als mindestens dem Gold gleichwertige Kostbarkeit.

Nach übereinstimmender Ansicht der Wissenschaftler gelangte das Eisen als Nutzmetall erst im 12. Jahrhundert v. Chr. mit dem Eindringen von «Nordvölkern» in den Vorderen Orient allgemein in Gebrauch. Eiserne Waffen waren es nämlich, die die Überlegenheit dieser Völker gegenüber den Hethitern bedingten. Man glaubt jetzt, die früheste Kenntnis der Eisentechnik den indogermanischen Illyrern zusprechen zu dürfen, als deren Urheimat der Raum des heutigen Ostdeutschlands und Polens angenommen wird. Illyrische Urnenfelderleute haben spätestens um die Wende des 2. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung aus dem Gebiet der sogenannten «Lausitzer Kultur» heraus ihre großen Landnahmewanderungen angetreten, die Teile von ihnen bis nach Palästina führten. Diese Völkerbewegung erfaßte auch viele andere Stämme und gab indirekt den Anstoß zur Ägäischen und Dorischen Wanderung. Zu dieser illyrischen Völkergruppe sollen auch die Philister gehören, die nach dem Zeugnis der Bibel (I. Samuelis 17, 1 und 13, 19–21) eiserne Waffen und die Kenntnis der Stahlerzeugung besessen haben. Es besteht durchaus die Wahrscheinlichkeit, daß die illyrischen Urnenfelderleute durch ihre weltweiten Wanderungen die Kenntnis der Eisentechnik in ganz Mitteleuropa verbreitet haben.

Beweiskräftig für die Existenz frühester Eisentechnik im Vorderen Orient ist erst der Fund des Ägyptologen William Matthew Flinders Petrie (1927) in einem Ruinenhügel bei Gerar in Palästina, rund 16 Kilo-



Altägyptischer Schmelzofen mit Rennfeuerbetrieb. Der «Wind» wird mit Rohren eingeblasen. Die alten Ägypter kannten aber auch schon Blasebälge mit Tretantrieb

meter von Gaza entfernt. Hier stieß man auf Eisenschmelzöfen und auf eiserne landwirtschaftliche Geräte, die alle an dem gleichen Ort angefertigt worden sind. Sie entstammen dem 10. Jahrhundert v. Chr.

In Mitteleuropa sind genauer datierbare Eisenfunde nicht vor der Latènezeit – sie beginnt etwa 500 v. Chr. – nachzuweisen, mit Ausnahme eines eisernen Fingerringes aus einem bronzezeitlichen Hügelgrab bei Vorwohlde im Kreis Suchlingen Mitte des 2. Jahrtausends. Dieser Ring ist aber zweifellos als Import anzusehen. Eisen bleibt hier noch während der ganzen Hallstattzeit (seit etwa 1200 v. Chr.) ein seltenes Metall. Wo zuerst im mitteleuropäischen Raum die absichtliche Eisengewinnung und die Entwicklung der Eisentechnik geschehen sein mag, ist noch in Dunkel gehüllt. Sie muß da erfolgt sein, wo das dafür tauglichste Eisenerz, der Spateisenstein, an der Erdoberfläche leicht zugänglich war und zugleich neben Wasser auch das notwendige Holz in ausreichender Menge vorkam. Im Bereich der mittleren Donau waren dafür die Vorbedingungen am günstigsten. Hier, im Kupferindustriezentrum jener Zeit, vor allem am Mitterberg in Steiermark, können die Kupferschmiede das Eisen als schmiedbares Metall erkannt haben; nur sie waren ja auch imstande, einen Schmiedeprozeß zu entwickeln.

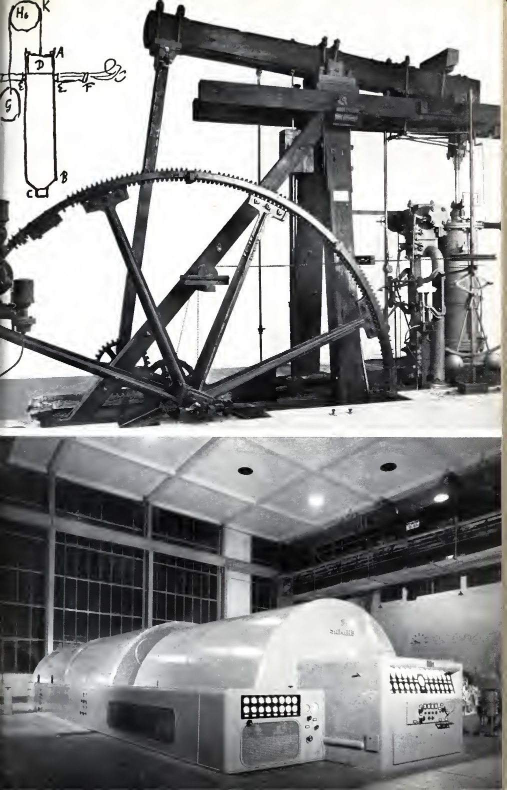
Später galten die Kelten als hervorragende Schmiede. Sie hatten im Siegerland die manganreichen Eisenerzlagerstätten zwei Jahrhunderte lang ausgebeutet, ehe die Chatten sie um 390 v. Chr. von dort vertrieben. Die «Eisenfacharbeiter» allerdings mußten bleiben und den Siegern die Kenntnis der Eisenbearbeitung beibringen. Kelten waren es auch, die am Kärntner Erzberg den im Altertum weithin berühmten «Norischen Stahl», insbesondere für Schwerter, herstellten. Schon der griechische Techniker Philon von Byzanz erwähnt ihn im 3. vorchristlichen Jahrhundert anerkennend.

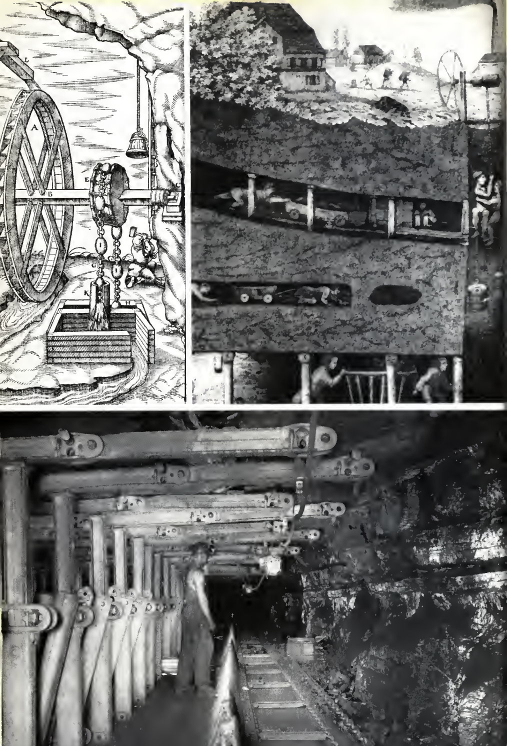
Sklaven und Maschinenbauer

«Aber du verachtest ihn (den Techniker) und seine Kunst und würdest ihn fast zum Spott ‚Maschinenbauer' nennen, und seinem Sohn würdest du deine Tochter nicht geben noch die seinige für deinen Sohn freien wollen.» Diese Stelle aus dem Platonischen Dialog «Gorgias» ist kennzeichnend dafür, wie geringschätzig man im gesamten Altertum von den Technikern dachte. Der freie Mann widmete sich den Staatsgeschäften, der Kunst und der Wissenschaft. Körperliche Arbeit dagegen galt als niedrig. Sie mußte von den zahlreichen Sklaven geleistet werden; es hat lange Zeiten gegeben, in denen diese ein Vielfaches der eingesessenen freigeborenen Bevölkerung ausmachen. Maschinen, geeignet, die Arbeit zu erleichtern oder Menschenkraft einzusparen, gab es kaum; dazu waren sie auch viel zu teuer. Für die Sklaven wurden zwar ebenfalls beträchtliche Preise gezahlt; man konnte sie aber auch jederzeit mit Leichtigkeit wieder verkaufen, und infolgedessen stellten sie keine solch starre Kapitalanlage dar, wie es Maschinen gewesen wären. So erklärt es sich, daß sich in der gesamten Antike keine Maschinentechnik im eigentlichen Sinne entwickelt hat; meist handelt es sich bei dem, was als «antike Technik» bezeichnet wird, meist mehr oder minder um mechanische Spielereien.

Die Aufgabe der antiken technischen Mechanik war es gewissermaßen, ein technisches Problem durch «Überlisten der Natur» zu lösen. Das Wort Mechanik kommt ja vom griechischen «mechanaomai», was soviel heißt wie: ich ersinne eine List. Die Technik richtete sich also, nach Meinung der Griechen, von vornherein *gegen* die Natur. Bei solchen Gedanken nimmt es nicht wunder, daß sich die Techniker keines großen Ansehens erfreuten. Selbst so hervorragende Künstler wie der Bildhauer Pheidias wurden als Handwerker eingeschätzt und vermochten nicht die Mauer zu durchbrechen, die den aristokratischen Kreis der «Schönen und Guten» von den Handwerkern und Bauern trennte. Interessant ist in diesem Zusammenhang ein zufällig erhalten gebliebener Papyrusfetzen, der in kürzester Fassung eine Tabelle der wissenswertesten Dinge aus alexandrinischer Zeit

DAMPFKRAFT: Ein Vorläufer der Dampfmaschine und des Motors ist Christian Huygens' Schießpulvermaschine von 1673 (links oben, Skizze von Huygens). Ihre gültige Form erhielt die Dampfmaschine durch James Watts geniale Konstruktion von 1784 (oben). Sie leistete 20 PS. Unten Turbosatz und Generator aus einem modernen Dampfkraftwerk: Leistung 100 000 Kilowatt (136 000 PS)


K
A
D
C
E
E
F
G
B
C



enthält; in ihm werden vor dem Abschnitt über die Sieben Weltwunder die Namen von sieben berühmten Mechanikern aufgezählt. Von diesen sieben im 2. vorchristlichen Jahrhundert anerkannten Technikern sind vier vollständig unbekannt, und von den übrigen drei ist auch nur sehr wenig überliefert. Unter diesen befindet sich der von Vitruvius, dem römischen Baumeister aus der Zeit des Kaisers Augustus, in der berühmten Schrift «De Architectura» erwähnte Diades. Aus dem genannten Papyrusfragment ergibt sich, daß Diades leitender Ingenieur bei der denkwürdigen Belagerung von Tyros durch Alexander den Großen war, über die die alten Historiker sehr ausführlich berichtet haben. Es werden in den Quellen sogar die Namen von Soldaten genannt, die sich besonders ausgezeichnet haben – von dem Kriegsingenieur aber, der diese und alle übrigen Städtebelagerungen des großen Mazedonierkönigs geleitet hat, wissen die griechischen Historiker nichts zu sagen. Das ist um so verwunderlicher, als Diades, laut Vitruv, auch ein Buch über seine Kunst geschrieben hat, in dem seine Erfindungen – fahrbare Belagerungstürme, neuartige Widder zum Einrennen von Toren und Mauern, Fallbrücken und sonstige Kriegsmaschinen – beschrieben waren. Die Geschichtsschreiber mißachteten eben, ebenso wie die Philosophen und die Antike überhaupt, die Techniken.

Wenn man dies erst einmal weiß, dann ist es eigentlich nicht mehr sehr überraschend, daß auch Archimedes, der größte Physiker und Ingenieur des griechischen Altertums, der Technik an sich ablehnend gegenüberstand. Plutarch berichtet über ihn, daß er in seinen technischen Arbeiten lediglich «Nebenprodukte einer spielerischen Geometrie» sah und «das Konstruieren von Instrumenten wie überhaupt grundsätzlich jede Tätigkeit, die des praktischen Nutzens wegen ausgeübt wird, niedrig und unedel» fand.

Archimedes wurde um das Jahr 287 v. Chr. in Syrakus geboren. Obwohl er mit dem König Hieron verwandt war, scheint er doch kein öffentliches Amt bekleidet, sondern sich ganz der Wissenschaft gewidmet zu haben. Archimedes' Bedeutung liegt vor allem darin, daß er als erster an die Stelle der mehr statischen Denkweise der griechischen Mathematik, wie sie etwa von Euklid verkörpert wird, eine dynamische Betrachtung gesetzt und hierbei durch Näherungsmethoden eine Reihe von Erkenntnissen gewonnen hat, die eigentlich erst in der Mathematik der Neuzeit von großer

BERGBAU: Aus dem klassischen Buch der großen Zeit frühen Bergbaus, aus Georg Agricolas «De re metallica» von 1556, stammt der Holzschnitt links oben. Er zeigt eine von einem mächtigen Wasserrad getriebene «Heintzenkunst» zum Entwässern der Stollen. Rechts Schnitt durch ein englisches Bergwerk von 1844. Man sieht Kinder beim Ziehen von Grubenhunten. Unten moderne vollmechanische Gewinnung von Kohle mit Hilfe des Kohlenhobels und des Stahlförderers

Wichtigkeit geworden sind. Archimedes war der einzige unter den Alten, von dem eine klare Kenntnis von Mechanik und Hydrostatik überliefert ist. Er lehrte zuerst den Satz, daß ein Körper in einer Flüssigkeit soviel an Gewicht verliert, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt (Archimedisches Prinzip). Diese Erkenntnis gewann Archimedes, so heißt es in der Überlieferung, als ihm vom König Hieron die Aufgabe gestellt wurde, zu untersuchen, ob die Krone, die er sich anfertigen ließ, aus reinem Gold sei oder nicht. Die Lösung des Problems kam dem Forscher beim Baden. Er war so erfreut, daß er, wie die Sage erzählt, nackt nach Hause eilte und ausrief: «Heureka! (Ich hab's gefunden!)»

Auch die Entdeckung des Hebelgesetzes und die Erfindung des Flaschenzuges werden Archimedes zugeschrieben. Die praktische Mechanik stand zu seiner Zeit noch in ihren Anfängen, und das, was man an Erfolgen erzielen konnte, rief ein beachtliches Hochgefühl hervor. Archimedes soll daher einmal geäußert haben, er wolle die Erde aus den Angeln heben, wenn man ihm einen festen Punkt – den seitdem sprichwörtlichen Archimedischen Punkt – außerhalb gäbe. Er beschrieb auch die Wasserschraube (man nennt sie seitdem Archimedische Schraube), die er während eines Aufenthaltes in Ägypten als Mittel zum Fördern von Wasser in den Überschwemmungsgebieten kennengelernt hatte.

Während der Belagerung von Syrakus im zweiten Punischen Krieg, bei dem von 215 bis 210 auf Sizilien gekämpft wurde, setzte Archimedes alle seine Fähigkeiten für die Verteidigung seiner Vaterstadt ein. Plutarch



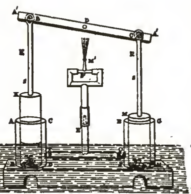
Die Archimedische Schraube, wie sie schon im alten Ägypten zum Wasserheben benutzt wurde, nach einem alten Druck des Vitruv von 1511

berichtet darüber: «Wenn sie (die römischen Soldaten) nur einen Strick oder ein Stück Holz über den Mauern sahen, ergriffen sie bereits die Flucht, indem sie ausriefen, Archimedes habe wieder eine neue Maschine erfunden, um sie zu vernichten.» Die Geschichte von dem Brennspiegel, mit dem er die feindlichen Schiffe in Brand gesetzt habe, ist allerdings eine spätere Fabel.

Die Sage erzählt, Archimedes habe bei der Eroberung der Stadt (212 v. Chr.) auf dem Markt gesessen und Figuren in den Sand gezeichnet. Einem römischen Soldaten, der auf ihn eindrang, soll er zugerufen haben: «Zerstör' mir meine Kreise nicht!» Obwohl der Feldherr M. Claudius Marcellus den Befehl gegeben hatte, den großen Mann unbedingt zu schonen, stieß der Römer den in seine Überlegungen Versunkenen nieder. Es ist jedoch sehr fraglich, ob Archimedes diesen Ausruf wirklich getan hat: Ein so tatkräftiger Mann, wie er es war, dürfte sich in einem derartig kritischen Augenblick kaum wissenschaftlichen Spekulationen hingegeben haben.

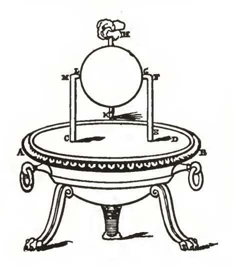
Bei Archimedes tritt übrigens zum erstenmal jene schwerwiegende Frage auf, die gerade in unserer Zeit immer dringender eine Antwort fordert: Darf ein Wissenschaftler die Ergebnisse seiner Forschungen kriegerischen Zwecken nutzbar machen, oder soll er auch in Kriegszeiten allein der reinen Wissenschaft nachgehen? Denn über eines müssen wir uns klar sein: Eine nach dem einfachen Hebelgesetz konstruierte Wurfmaschine, die Steinkugeln in die Reihe der Feinde schleudert, um von ihnen so viele wie nur möglich zu töten, unterscheidet sich von einer Atombombe, die auf einen Schlag Hunderttausende umbringt, in ihrer Wirkung nur dem Grad nach, nicht aber prinzipiell. Und vielleicht hat schon Archimedes unter der erschreckenden Einsicht, daß jede seiner Kriegsmaschinen im Grunde ein verderblicher Mißbrauch seiner der reinen Erkenntnis dienenden Forschungen sei, ebenso gelitten wie die Kernphysiker von heute.

Neben den Erfindungen des Archimedes sind auch sonst für die Frühepoche einige sehr bemerkenswerte technische Leistungen zu verzeichnen, so beispielsweise der Tunnel von Samos. Er diente der Wasserversorgung und wurde um 522 v. Chr. durch Eupalinos von Megara angelegt, einen der frühesten und kühnsten Bauingenieure Griechenlands. Dieser Tunnel mußte bei einer Länge von einem Kilometer in Mannshöhe durch den Berg Kastro hindurchgeführt und außerdem von beiden Seiten gleichzeitig in Angriff genommen werden. Die zwei Stollen trafen mit einem Höhenunterschied von nur wenigen Metern zusammen. Es war dies eine großartige Leistung, denn das Vermessen von Punkten unter Tage ist auch heute noch keine leichte Aufgabe. Heron von Alexandria hat über das Verfahren ausführlich berichtet: die Höhenunterschiede wurden durch eine


Herons Feuerspritze

Reihe von rechtwinkligen Koordinaten und Dreieckskonstruktionen festgelegt.

Zur hellenistischen Zeit, vom 3. vorchristlichen Jahrhundert an, erlebte die feinmechanische Kunst des Apparatebaus ihre erste Blüte. Damals wirkte in Alexandria ein Zeitgenosse des Archimedes, Ktesibios, ein hervorragender Mechaniker, der den Luftdruck zu nutzen verstand; ihm werden neben anderem eine doppeltwirkende Druckpumpe aus Bronze, eine Wasserorgel, eine Wasseruhr und ein Preßluftgeschütz – eine Windbüchse also – zugeschrieben. So entwickelte sich eine Art von «spielerischer Technik», für die um 200 v. Chr. besonders Philon von Byzanz (er schuf ebenfalls mit Luftdruck arbeitende «pneumatische» Maschinen, ein Torsionsgeschütz, das die Spannung zum Schleudern der Geschosse durch starkes schraubenförmiges Verwinden von Tauen oder Sehnen erhielt, ferner Dampfgebläse und Schöpfeimerketten mit Wasserkraft) und aus der Mitte des ersten nachchristlichen Jahrhunderts der vielseitige Heron von Alexandria als charakteristische Vertreter genannt seien. Heron war außerdem ein vorzüglicher Mathematiker; er hat verschiedene Automaten, ferner



Herons Aeolipile, als Reaktionsdampfrad ein Urahn der Raketen von heute: In dem geschlossenen Gefäß unten befindet sich Wasserdampf, der durch die Leitung C-M-L in die Kugel ein- und aus deren Öffnung H und K austritt. Durch den Rückstoß des ausströmenden Dampfes dreht sich die Kugel in den Zapfen L und G

die Feuerspritze, eine Orgel mit Zylindergebläse, eine Dampfreaktionsmaschine und das Hodometer (Wegmesser) erfunden. In seinen Schriften über die «Druckwerke» und über das «Automatentheater» führte er eine Vielzahl von Vorrichtungen auf, die mit dem Druck zusammengepreßter oder erhitzter Luft oder des Wasserdampfes arbeiteten und bei denen Heber, Ventile, Hähne, Kolben, Zahnräder und Schrauben Verwendung fanden. Viele der von ihm entworfenen und ausgeführten Geräte waren, wie der berühmt gewordene Automat, der nach Einwerfen eines Geldstücks Weihwasser spendete, und der selbsttätige Tempeltüröffner, für kultische Zwecke bestimmt, während andere, wie das Reaktionsdampfrad oder die Einrichtung zum automatischen Nachfüllen von Öl für Lampen, spielerische, aber auch praktische Aufgaben lösten. Heron kannte den Windkessel, das Windrad, die Schraubenmutter, den Schraubenschlüssel für Geschütze mit Spannsehnenbündeln und die Wasserwaage. Er war Techniker und Wissenschaftler zugleich und ist damit ein typischer Vertreter jener alexandrinischen Schule der spätgriechischen Zeit, für die eine Verbindung von Theorie und Praxis charakteristisch ist.

Kennzeichnend für die hochentwickelte griechische Wasserbaukunst ist beispielsweise die auf hohen Druck berechnete Metallrohrleitung, die als einzige aus der Antike bekannt ist; Eumenes II., König von Pergamon, ließ sie um 180 v. Chr. anlegen, um seine Burg von einem Sammelbecken, das sich auf einem mehrere Kilometer entfernten Berg befand, mit Wasser zu versorgen; dabei waren Höhenunterschiede zu überwinden, die bis zu 195 m betrugen. Der in den Röhren dieser Wasserleitung herrschende Druck betrug etwa 16 bis 20 Atmosphären!

Eine Weiterentwicklung der von den Griechen erarbeiteten technischen Möglichkeiten ins Riesenhafte stellt, streng genommen, die Technik der Römer dar. Die Lösung technischer Aufgaben lag durchweg in der Hand von Architekten, ob es sich nun um Bauten, um Hebezeuge, um Kriegsmaschinen oder um Wasserleitungen handelte. Die vielfältigen Obliegenheiten des Baumeisters hat Vitruvius ausführlich in seinem Werk «De Architectura» dargelegt, das er von 25 bis 23 v. Chr. geschrieben hat.

Besonders eindrucksvolle Leistungen römischer Baukunst sind die Wasserleitungen, die oft riesigen Bäder und die Straßen. Im Gegensatz zu den Griechen, die offenbar Druckleitungen bevorzugten, die sich den natürlichen Gegebenheiten des Bodens anpaßten, kam bei den Römern in der Anlage von Gefälleleitungen das Verlangen nach strenger Symmetrie, die ein kennzeichnender Zug römischer Gestaltungskraft ist, zum Ausdruck. Die römischen Bleirohrleitungen waren keine Druckleitungen. Über lange Strecken wurde das Wasser in großen Aquädukten fortgeleitet, deren überdachte Rinnen ein gewisses Gefälle aufweisen. Im gesamten Gebiet

des Römischen Reiches sind diese Aquädukte noch heute eindrucksvolle Zeugnisse römischen Bauwillens. Mit dem Bau der Wasserleitungen in Rom selbst wurde im Jahre 305 v. Chr. durch den Zensor Appius Claudius begonnen, und zwar mit unterirdisch geführten gemauerten Kanälen. Zur Zeit des Frontinus (97 n. Chr.) hatten diese Wasserleitungen eine Gesamtlänge von nicht weniger als 404 km.

Die großen Prachtbäder (Thermen), in denen die angeblich von Sergius Orata im Jahre 89 v. Chr. erfundene, aber schon um 800 v. Chr. in Olympia nachzuweisende Hypokausten-Luftheizung zur Anwendung kam, bildeten den Höhepunkt des römischen Badeluxus. Die Kaiser Trajan, Caracalla und Diokletian wetteiferten in der Anlage dieser Prunkbauten. Caracallas Thermen waren für etwa 2300 Badegäste eingerichtet! Die großen spätrömischen Badeanlagen des Diokletian, für deren Bau 40000 christliche Sklaven eingesetzt wurden, boten sogar 3200 Menschen die Möglichkeit, gleichzeitig zu baden. Sie besaßen Einzelbäder mit 3000 Alabasterwannen und ein Riesenschwimmbad. Geheizt wurde mit den schon genannten Hypokausten: der Fußboden, später auch die Wände, wurden durch heiße Abgase erwärmt, die durch Hohlräume strömten. Zur Zeit des Kaisers Septimius Severus, um 200 n. Chr., lesen wir sogar von einem Haus in Byzanz, in dem nicht Holz, sondern «Medisches Feuer» die Wärme lieferte; vielleicht war der Brennstoff dieses «Medischen Feuers» persisches Erdöl.

Neben den pompösen Badeanlagen konnten sich aber auch zahlreiche Privatbauten hinsichtlich ihrer technischen Ausstattung durchaus sehen lassen. Berühmt geworden ist Neros «Goldenes Haus»: Die Decke des Speisesaals bestand aus beweglichen Elfenbeinplatten, die bei feierlichen Anlässen mit Blumen belegt wurden. Öffnete man die Kassetten der Decke, so fielen die Blumen auf die Gäste herab, und gleichzeitig versprühte ein Rohrsystem wohlriechendes Wasser. Für die Badeanlagen des Hauses konnte Wasser aus den Schwefelquellen von Albula verwendet werden, das in Tankwagen herbeigebracht wurde; als Behälter diente ein großer Ochsenbalg, der auf einem vierräderigen Wagen lag.

An die Seite dieser großartigen baulichen Anlagen stellen sich gleichrangig die ausgezeichneten Straßen der Antike. Im alten Persien, das von jeher ein Durchgangsland für den Handel der Mittelmeervölker mit Indien und China war, schuf Darius I. (521–485 v. Chr.) ein großangelegtes Straßennetz, das allerdings in erster Linie der Aufrechterhaltung staatlicher Macht diente. Der um 515 v. Chr. vollendete «Große Königsweg» zwischen Susa und Sardes hatte eine Länge von rund 2500 km und besaß alle 22 bis 28 km eine Rast- oder Herbergsstätte. Bekannt sind ferner zwei große persische Heeresstraßen von 4 bis 5,5 m Breite, auf denen sich



Römischer Aquädukt – noch heute Ausdruck der Gestaltungskraft seiner Erbauer

ein lebhafter Handelsverkehr abspielte. Sie mieden die Niederungen; einzelne Strecken waren sogar gepflastert.

Die Straßen in Griechenland, vor allem die beiden großen Verkehrsstraßen, in deren Schnittpunkt Athen lag, hielten sich im Gegensatz zu denen Persiens an die Talsohlen; hier wie dort wurden Geländeschwierigkeiten durch Kunstbauten überwunden. Auch die Griechen kannten bereits von frühester Zeit an befahrbare Straßen und verstanden es, die natürlichen Bodenverhältnisse auszunützen. Ihre ersten Kunststraßen waren Dammwege zum Überqueren von Mooren; sie waren aus Steinen gefügt. Gelegentlich wurden die Straßen streckenweise auch in den gewach-

senen Felsen eingehauen. Befestigt waren die Fahrbahnen im allgemeinen nicht besonders. Auf den sogenannten «Heiligen Straßen» hingegen grub man Spurrillen oder Geleise (mit rund 1,60 m Spurweite) in den felsigen Kalkgrund ein, damit die «Götterwagen» bequemer fahren konnten. Eine Pflasterung erfolgte nur in der unmittelbaren Nähe der Tempel, den Endstationen der «Heiligen Straßen»; die Tempelhöfe waren ebenfalls gepflastert. Nur im Zuge dieser Wege wurden Brücken gebaut. Sonst mußten Furten zum Durchschreiten von Flüssen dienen.

Auch die Karthager bauten schon vor den Römern festgegründete Straßen von beträchtlicher Länge, zum Beispiel von Cartagena in Spanien über die Pyrenäen nach Südfrankreich. Diese Heer- und Handelsstraße war zwar nur ein Erdweg, aber immerhin geebnet und gefestigt.

Am besten bekannt sind die Römerstraßen, denn sie waren so ausgezeichnet gebaut, daß sie trotz aller Verwahrlosung nach dem Zusammenbruch des Römerreichs noch anderthalb Jahrtausende lang dem Verkehr dienen konnten. Die älteste dieser Kunststraßen ist die von Appius Claudius um 312 v. Chr. begonnene Via Appia, eine gepflasterte Heerstraße von Rom nach Brundisium (Brindisi). Die um etwas mehr als 100 Jahre jüngere Via Flaminia war 8 m breit und hatte eine Länge von 540 km. Die Römer bauten im allgemeinen nach dem Grundsatz der geraden Linienführung; erst später berücksichtigten sie Steigungen. Für die Anlage von befestigten Straßen waren in der Kaiserzeit vielfach strategische Überlegungen maßgebend. Als technisches Vorbild für die Bauweise der Straßen ist der Estrich der Häuser anzusehen. Nach Vitruv wurde der Straßendamm, der durchschnittlich einen Meter stark war, in vier Schichten gebaut: Auf eine Unterlage von handgroßen Steinen kam zunächst eine Lage grob zerschlagener Kiesel mit Kalk als gestampfte Masse, dann eine Steinmasse aus Ziegelmehl und Kalk, darauf schließlich das Pflaster. Das Ganze wurde mit sehr zähem Mörtel gebunden und durch sorgfältig eingepaßte Steinblöcke an den Rändern eingefaßt. Die Breite dieser Straßen betrug im allgemeinen rund 5½ m, die Abzugsgräben an den Rändern nicht mitgerechnet. Zur Zeit Diokletians (243–313 n. Chr.) hatte das römische Imperium 23 Hauptstraßen von rund 78 000 km Gesamtlänge.

In ihren Straßenbauten haben die Römer ihre hohe Begabung, praktische Aufgaben zu lösen, vollendet zum Ausdruck gebracht. Dennoch ist von einer Höherbewertung oder gar Förderung der Technik in dem Sinne, wie wir ihn heute verstehen, nur wenig zu merken. Man kannte zwar allerlei Maschinen für gewerbliche Zwecke – die Ölpresse, den von Zugtieren bewegten Göpel und das Wasserrad –, bediente sich jedoch vorwiegend der Muskelkraft zahlreicher Sklaven, genauso wie es bereits seit

langem in Griechenland und im Orient der Fall war. Zur Zeit des Augustus wurden am Tiber Wassermühlen gebaut. Ein Gedicht aus dieser Zeit läßt erkennen, daß man den Wert einer solchen Vorrichtung sehr wohl zu schätzen wußte:

> Laßt die Hände nun ruhn, ihr mahlenden Mädchen, und schlafet
> Lang, der Morgenhahn störe den Schlummer euch nicht.
> Ceres hat eure Mühe den Nymphen künftig empfohlen,
> Hüpfend stürzen sie sich über das rollende Rad,
> Das mit vielen Speichen um seine Achse sich wälzend,
> Mahlender Steine vier, schwere, zermalmende, treibt.
> Jetzt genießen wir wieder der alten goldenen Zeiten,
> Essen der Götter Frucht ohne belastende Müh.

Erst in allerletzter Zeit hat ein überraschendes Ausgrabungsergebnis den Beweis erbracht, daß unsere Kenntnisse von den Leistungen der antiken Technik doch noch recht mangelhaft sind. In der «Historia naturalis» des römischen Naturforschers und Admirals Plinius findet sich eine Stelle, in der es heißt, auf den weiträumigen Gütern Galliens benutze man zur Ernte «sehr große Gestelle, die an ihrer Kante Zähne haben und auf zwei Rädern bewegt werden; diese Gestelle werden durch ein Ochsengespann



Eine sensationelle Entdeckung: Das Relief einer römischen Mähmaschine aus dem zweiten nachchristlichen Jahrhundert

von hinten geschoben, und die von den Zähnen abgeschnittenen Getreidehalme fallen in das Gestell». Man hat diese Angabe des Plinius, der oft genug Dinge niedergeschrieben hat, die er nur vom Hörensagen kannte, oft sogar auch Fabeln kritiklos wiedergegeben hat, für unglaubwürdig gehalten, bis vor kurzem der belgische Archäologe Dr. Fouss bei Buzenol in Südbelgien ein Relief aus dem 2. Jahrhundert nach Christus ausgegraben hat, das genau die von Plinius beschriebene Mähmaschine zeigt, nur daß statt der Ochsen als Zugtier ein Maulesel dargestellt ist. Die Römer haben also bereits mit Mähmaschinen gearbeitet!

An der Schwelle vom Altertum zum Mittelalter änderte sich allmählich die trotz solcher Leistungen im großen und ganzen doch übliche Geringschätzung der Technik. Das drückt sich beispielsweise darin aus, daß Konstantin der Große im Jahre 334 den Statthalter von Afrika anwies, junge Männer, die 18 Jahre alt waren und ein bestimmtes Allgemeinwissen hatten, für technische Berufe zu gewinnen, denn «wir brauchen möglichst viele Techniker» – eine Forderung, die uns ganz modern anmutet. Die Ingenieurschüler erhielten Stipendien, und weder sie noch ihre Eltern brauchten Steuern zu zahlen; in späteren Jahren waren auch die Lehrer des Ingenieurfaches sowie deren Eltern von allen Abgaben befreit.

Bete und arbeite

Die übliche Einteilung des Geschichtsablaufs in Altertum, Mittelalter und Neuzeit hat für die Technik keine rechte Geltung. Denn für sie beginnt die Neuzeit erst mit dem 18. Jahrhundert, als die Dampfmaschine ihren Siegeszug antrat. Erst mit der Dampfmaschine tritt etwas grundsätzlich Neues auf – vorher kann man bei den wesentlichen technischen Hilfsmitteln kaum von einer wirklichen Fortentwicklung sprechen, wenn die Maschinen auch an Vielfalt, Größe, Leistung und Verfeinerung ständig gewannen. Die Antriebskraft aber blieb die gleiche. Und die Öllampe beispielsweise auf dem Arbeitstisch Newtons bedeutete, verglichen mit der Lampe, die im Feldlager Cäsars gebrannt hatte, keinen nennenswerten technischen Fortschritt. Doch wir brauchen uns hier nicht den Kopf zu zerbrechen, welcher Zeitabschnitt nun – wenn die Neuzeit der Technik erst um 1700 beginnt – als «Mittelalter der Technik» anzusetzen sei. Wir betrachten in diesem Kapitel die technischen Leistungen der Zeit, die man sonst in der Historie das Mittelalter nennt.

Man spricht oft leichthin vom «finstern» Mittelalter. Das gibt ein falsches Bild. Die Epoche vom Untergang des Römerreichs bis zum Ende des 15. Jahrhunderts nämlich hat genug an großartigen Leistungen aufzuweisen – in der Geistesgeschichte, in der Kunst, und auch auf technischem Gebiet hat sie eine ganze Reihe wichtiger Erfindungen und Neuerungen gebracht: die Räderuhr und die Brille, das Papier und die Buchdruckerkunst, aber auch das Schießpulver und das Pulvergeschütz. Im Mittelalter erfolgte außerdem, gefördert zunächst von den Klöstern und dann begünstigt durch die zahlreichen Städtegründungen, ein beachtlicher Aufschwung der handwerklichen Techniken. Und schließlich stellen wir auch wesentliche Verbesserungen in der Energiegewinnung fest, was nicht zuletzt seinen Grund darin hat, daß in der Spätantike vor allem dank der Ausbreitung des Christentums die Sklaverei im Abendland ihr Ende findet: Was bis dahin mit der Menschenkraft der Sklaven bewältigt worden war, mußte nun nach Möglichkeit mit Hilfe anderer Energien geschafft werden. Als nächstliegende Energiequelle bot sich das fließende Wasser an.

Schon im frühen Mittelalter wurde die Ausnutzung der Wasserkräfte bedeutend gesteigert. Vitruv kannte, wie bereits erwähnt, die Wassermühle. Und wenn es nach den literarischen Zeugnissen den Anschein hat, als hätten die Römer der Spätantike keinen großen Gebrauch von der Wasserkraft gemacht, so ist das vermutlich irrig. Denn es ist nicht nur aus

dem Gedicht «Mosella» des Ausonius um 369 n. Chr. bekannt, daß Wasserräder ein Marmorsägewerk an der Roer, einem Nebenfluß der Mosel, antrieben, sondern man hat auch in der Nähe von Arles, bei Barbegal, die Reste einer großen Wassermühle für Getreide aus gallorömischer Zeit ausgegraben; sie entstammt wahrscheinlich dem 3. oder 4. nachchristlichen Jahrhundert und arbeitete mit zwei Sätzen von unterschlächtigen Wasserrädern, von denen jeder acht Räder hatte. Solche großen Anlagen waren aber bis ins 8. Jahrhundert hinein sicherlich noch selten. Im Odenwald sind Wassermühlen für das Jahr 732, an der Unstrut für 775 bezeugt. Bei Arbeiten an der Ilmenau bei Bardowick (unweit Lüneburg) wurde eine frühmittelalterliche Getreidemühle entdeckt, die nach den Begleitfunden auf das 10. Jahrhundert datiert wird. Man fand hier unter anderem ein Stockgetriebe, ferner eine dazugehörige Holzscheibe, von einem Eisenband umfaßt, die zur Übertragung der waagerechten Bewegung der Welle des Mühlrads in die senkrechte des Mahlgetriebes diente. Solche Stockgetriebe waren schon zu spätrömischer Zeit bekannt; eines, das man im Kastell Zugmantel bei Idstein im Taunus gefunden hat, gleicht in Form, Größe und Anzahl der Triebstöcke auffallend dem Bardowicker Getriebe. Die Bardowicker Mühle dürfte 1189 bei der Zerstörung der Stadt durch Heinrich den Löwen zugrunde gegangen sein. Von den drei Lüneburger Wassermühlen wird die Abtsmühle 1147 urkundlich erwähnt. Und aus der Zeit um 1160 ist die Zeichnung einer Getreidemühle mit unterschlächtigem Rad aus der Handschrift «Hortus deliciarum» der Äbtissin Herrad von Landsberg bekannt.

Für das 14. Jahrhundert sind in Deutschland durch Wasserkraft angetriebene Sägemühlen bezeugt, und um diese Zeit mehren sich außerdem die Nachrichten, daß man auch im Berg- und Hüttenwesen das Wasser arbeiten ließ. Der Name der im Jahre 1010 erwähnten Ortschaft Schmidmühle in der Oberpfalz deutet auf ein Hammerwerk mit Wasserrad hin, Erzpochwerke sind in der Steiermark für 1135 nachweisbar, und im Jahre 1200 wird der «Obere Hammer» in Renlies im Hennegau erwähnt. Zisterziensermönche haben 1197 bei Saroe in Dänemark «eine Mühle zur Gewinnung von Eisen und Erz» erbaut. Im 13. Jahrhundert wurde die Wasserkraft in den steiermärkischen Bergbaustädten Vordernberg und Eisenerz genutzt, vom Anfang des 15. Jahrhunderts an auch zur Bewegung der Blasebälge. Und seit der Mitte des 15. Jahrhunderts hatten in der Lüdenscheider Gegend die Zain- und Reckhämmer, mit denen das Schmiedeeisen gestreckt wurde, um es auf Bänder, Nägel oder ähnliches verarbeiten zu können, Wasserräder als Antrieb.

Merkwürdig ist, daß der Mensch die Windkraft, die ihm seit Tausenden von Jahren die Segel seiner Schiffe schwellte, erst im Mittelalter auch

für andere Zwecke zu nutzen begann. Das geschah zuerst im arabischen Kulturkreis, im «Lande der Winde und des Sandes», wie der arabische Schriftsteller al-Mas'udi (um 950) sagt; in Sedschistan (an der persisch-afghanischen Grenze) gab es nach seinem Zeugnis damals Windmühlen. Vom Iran her gelangte die Kenntnis der Windmühlen im 12. Jahrhundert nach dem Westen. Die früheste Erwähnung in Europa stammt aus dem Jahre 1222: es ist von einer Windmühle die Rede, die auf der Burgmauer zu Köln stand. Dann mehren sich die Nachrichten.

Neben der Wind- und der Wasserkraft wurde jetzt auch die Tierkraft vermehrt genutzt, und zwar nicht nur wie seit alters her zum Ziehen von Wagen oder Pflug, sondern auch als Antriebskraft für den Göpel. Dieser war bereits im Altertum bekannt, wurde aber offenbar wenig angewendet. Erstens hatte man ja Sklaven, und zweitens arbeiteten die Zugtiere «unrentabel»: Die tierische Kraft wurde nicht voll genützt, denn der Zugochse, das Pferd, der Esel wurden meist so angeschirrt, daß das Tier nicht mit Brust und Schulter, sondern nur mit dem Hals ziehen konnte. Das um den Hals gelegte Band drückte dabei aber die Luftröhre sehr stark zusammen und behinderte das Tier. Erst mit der Verbesserung des Zuggeschirrs seit dem 10. Jahrhundert wurde es möglich, die Zugleistung der Tiere voll auszunützen; das war von entscheidender Bedeutung vor allem für die Arbeit am schweren Räderpflug, wie er zur Karolingerzeit (also seit dem 8. Jahrhundert) aufkam, und am Göpel, der uns auf der Darstellung einer Mühle in der technischen Bilderhandschrift des Jacopo Mariano aus Siena (1438) begegnet; er wurde dann vor allem aber im Bergbau mit dem beginnenden 16. Jahrhundert zunehmend verwendet. Im arabischen Kulturkreis wurde übrigens der Tiergöpel, wie aus den Schriften des gelehrten Al Gazari bekannt ist (um 1205), auch zum Antrieb von Eimerschöpfwerken und Pumpwerken benutzt.

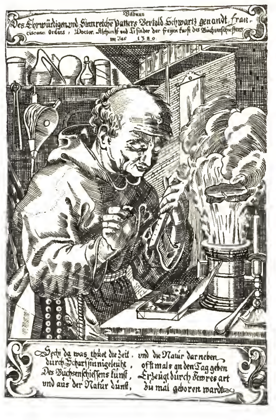
Während es sich bei den erwähnten Neuerungen im Grunde nur um Verbesserungen bereits bekannter Vorrichtungen handelte, stellt eine der bedeutendsten Erfindungen des Mittelalters, das Schießpulver, etwas ganz Neues dar. Wer hat das Pulver erfunden? Nach allgemeiner Ansicht waren es die Chinesen. Sie kannten die Salpeter-Schwefel-Holzkohlen-Mischung, die das explosible Schießpulver ergibt, verwendeten es allerdings im allgemeinen nicht als Treibmittel, sondern nur für Feuerwerkskörper. Immerhin gibt es aber eine chinesische Quelle – das Buch t'hung-lian-kang-mu –, die berichtet, daß man anno 1232 bei der Verteidigung der Stadt Kai-fung-fu gegen die anstürmenden Mongolen zwei Waffen verwendet habe: Den «himmelerschütternden Donner» – offenbar eine Bombe, die an Ketten über die Stadtmauer herabgelassen und dann entzündet wurde – und den «Pfeil des fliegenden Feuers», in denen man aller Wahrschein-

lichkeit nach Raketen sehen darf. Die chinesische Kenntnis des Pulvers gelangte über die Mohammedaner ins Abendland. So finden sich beispielsweise in kompilatorischen syrischen Handschriften aus dem 7. bis 11. Jahrhundert, die von der arabischen Wissenschaft beeinflußt sind, Angaben über ein Schießpulver aus «Barud» (Salpeter), Schwefel und Kohle, zuweilen unter Beimischung von Salmiak. Pulverrezepte finden sich um 1250 bei Albertus Magnus und bei Roger Bacon. Der Engländer Hime hat das Baconsche Rezept wie folgt entziffert: «Man nehme 7 Teile Salpeter, 5 Teile (Kohle aus) jungem Haselholz, 5 Teile Schwefel ...» Im Abendland wurde dieses Pulvergemisch zunächst zu dem gleichen Zweck benutzt wie in China, etwa für Brandpfeile. Bei denen, die damals im Orient und in Europa Pulver gemischt haben, scheinen übrigens alchemistische Vorstellungen mitgespielt zu haben: Unter der Wirkung der schwarzen Kohle als der «prima materia» vereinigte sich der Schwefel (= «der rote Mann») mit dem Salpeter, der als die «weiße Frau» bezeichnet wurde.

Im Abendland kennt man «Bertold den Schwarzen» oder «Bertold Schwarz» als den angeblichen Erfinder des Schießpulvers und des Pulvergeschützes. Bertold Schwarz – er gilt meist als Mönch – ist eine legendäre Persönlichkeit. Um 1354 (oder 1380) soll er in Freiburg, in Köln, in Goslar oder in Mainz bei Gelegenheit alchemistischer Experimente das Schießpulver erfunden haben. Das ist aber ein Jahrhundert nach dem Auftauchen der ersten Pulverrezepte, und wenn es in einer alten Quelle heißt, er habe die «chunst pessert», aus Büchsen zu schießen, so kann man daraus höchstens schließen, daß ihm irgendeine Verbesserung geglückt sei. Nach der Lage der Dinge sind aber auch diese Zeitangaben reichlich spät angesetzt. Denn schon der Grieche Marchos (Marcus Graecus) kennt in seinem Feuerwerksbuch, das aus der Zeit um 1300 stammt, das Schießpulver und sogar Raketen zum Inbrandschießen feindlicher Bauwerke, und es wird noch zu zeigen sein, wann die ersten Geschütze entstanden sind und ob sich nicht hinter «Bertold dem Schwarzen» doch eine historische Persönlichkeit verbirgt. Zuvor aber soll von einer anderen frühen Waffe die Rede sein, vom «Griechischen Feuer», das richtiger «Byzantinisches Feuer» heißen sollte.

Flavius Vegetius, der bedeutendste kriegstechnische Schriftsteller des spätrömischen Kaisertums, der um die Zeit der Völkerwanderungen gelebt hat, berichtet, daß man in besonders konstruierte Brandpfeile Harz, Schwefel, Erdpech und Erdöl brennend eingegossen und dann gegen den Feind geschossen habe. Diese Feuerpfeile hatten aber nur eine geringe Reichweite und waren leicht zu löschen. Deshalb trachtete man schon früh danach, Feuersätze zu erfinden, die entweder gar nicht oder nur

Dieses «Bildnis des ehrwürdigen und sinnreichen Paters Bertold Schwartz, Doktor, Alchimist und Erfinder der freien Kunst des Büchsenschießens im Jahr 1380» ist ein Phantasieporträt der Barockzeit



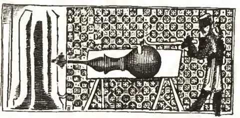
sehr schwer zu löschen waren. Das wurde erreicht durch die für die Kriege im Osten des Mittelmeers bedeutsame Erfindung des «Griechischen Feuers»; sie wird dem Kallinikos aus Heliopolis in Syrien zugeschrieben. Kallinikos war byzantinischer Kriegsbaumeister; seine Erfindung – sie wird auf das Jahr 671 datiert – blieb Staatsgeheimnis. Der wichtigste Bestandteil war Erdöl, die weiteren waren Schwefel, Harz, Salz und gebrannter Kalk. Diese Mischung wurde aus Druckspritzen gegen den Feind geschleudert – es handelte sich also um eine Art Handflammenwerfer. Da sich gebrannter Kalk in feuchter Luft oder (etwa bei einer Seeschlacht) durch Berührung mit Wasser bis auf 150 Grad erhitzt, so mußten sich in dem beigemischten Erdöl leichtentzündliche Dämpfe entwickeln, und es konnte zu stark explosiblen Luftgemischen kommen. Die brennende Flüssigkeit schwamm übrigens auf der Wasseroberfläche und übte eine verheerende Wirkung aus. Im Jahre 678 zerstörten die Byzantiner mit diesem «Grie-



Das «Griechische Feuer» – Flammenwerfer des Frühmittelalters

chischen Feuer» die Belagerungsflotte der Mohammedaner vor Kyzikos, und 678 wurde die Hauptstadt Byzanz zum erstenmal erfolgreich mit diesem Kriegsmittel verteidigt. Im Jahre 941 konnte die Erfindung den größten Triumph feiern, als nämlich Kaiser Konstantin VII. mit seiner aus nur 15 Fahrzeugen bestehenden Flotte durch das Feuer die aus mehr als 1000 Schiffen bestehende Flotte der Russen vor Byzanz vertrieb und zum Teil zerstörte. Während der Kreuzzüge haben die Sarazenen, die angeblich durch Verrat in den Besitz des Geheimnisses gekommen waren, das «Griechische Feuer» mit Erfolg gegen die Christenheere eingesetzt, so bei den Kämpfen um Ptolemais (1101) und Damiette (1218). Mit der neuen Erfindung des Pulvergeschützes verlor das Griechische Feuer dann allerdings schnell an Bedeutung.

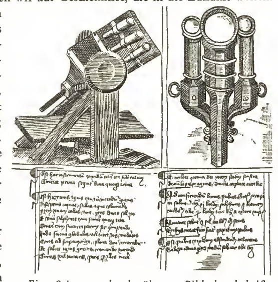
Wir sagten schon, daß eine Quelle über Bertold Schwarz angibt, er habe die «Kunst», aus Büchsen zu schießen, «verbessert». Neuerdings möchte H. J. Rieckenberg diesen Bertold, der in Feuerwerksbüchern des 15. Jahrhunderts als «magister artium Bertoldus» bezeichnet wird, mit dem Konstanzer Domherrn Bertold von Lützelstetten identifizieren, der von 1294 bis 1310 Mitglied des dortigen Domkapitels war und in den Jahren 1329 und 1336 viermal als magister artium in den Verzeichnissen der Pariser Universität vorkommt. Es sei kein Zufall, daß 1334 die erste eindeutig bezeugte Anwendung von Pulvergeschützen zu verzeichnen sei: bei der Verteidigung der Stadt Meersburg am Bodensee gegen Kaiser Ludwig den Bayern. Nun ist es nicht mit



Die älteste Abbildung eines Pulvergeschützes (1326)

voller Eindeutigkeit zu klären, wann die Schießpulvergeschütze aufkamen. Sicherlich hat es langjähriger Versuche bedurft, bis die ersten brauchbaren Rohrgeschütze fertig wurden. Ein Datum läßt sich einigermaßen fixieren: Im Krieg des englischen Königs Eduard III. gegen Schottland sind, wie der Technikhistoriker Franz M. Feldhaus ausführt, vermutlich 1327 Pulvergeschütze verwendet worden. Man darf das aus dem in Oxford aufbewahrten Manuskript Walter de Milimetes schließen, der, um seinem König im Krieg gegen die Schotten zu helfen, zwei Bücher schrieb, in denen er technische Kriegsmittel vorschlug. Beide Handschriften, die 1326 verfaßt wurden, enthalten je eine bildliche Darstellung des neuen Feuerrohrs: Auf einem Untergestell liegt ein vasenförmiges Gefäß, an dessen Zündpfanne ein Ritter den Gluthaken, ein glühendes Eisenstück, hält, um einen Kugelpfeil abzuschießen. Daß wir von Geschützen erstmals gerade zur Zeit Eduards III. hören, ist bezeichnend. Unter seiner Regierung nämlich kündigt sich auch sonst manch Neues an: Die Siege der Engländer über die Franzosen in den Schlachten von Crécy (1346) und Maupertuis (1356) beweisen, daß die mittelalterlichen Ritterheere den «modernen» Fußtruppen und Bogenschützen unterlegen sind; die englische Tuchindustrie beginnt sich zu regen; erstmals hören wir von englischen Großkaufleuten, und die Bedeutung des Parlaments wächst – allenthalben also stoßen wir auf Geschehnisse, die in die Zukunft weisen.

Doch zurück zu den Geschützen! Älter als die Milimete-Handschriften ist eine Angabe der Genter Chronik, die schon 1313 von Geschützen spricht und diese Erfindung als deutsch bezeichnet. Allerdings wird die Echtheit dieser Quelle bestritten. Als sicher gilt wieder das nächste Datum: Im Jahre 1331 greifen deutsche Ritter mit der neuen Waffe Friaul an, ohne aber, wie es heißt, Schaden anzurichten. Erst in der zweiten Hälfte des

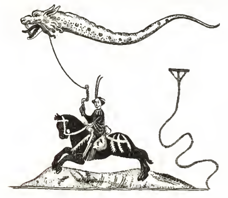


Eine Seite aus der berühmten Bilderhandschrift des Konrad Kyeser von 1405: Die «Totenorgel» ein Geschütz mit drei Rohren

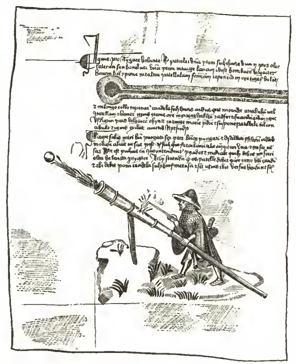
14. Jahrhunderts breitet sich dann offenbar die Erfindung aus. In größerem Maßstab scheinen erstmals um 1354 die Dänen in einer Seeschlacht vom Pulvergeschütz Gebrauch gemacht zu haben. Der erste Unglücksfall schließlich ist aus dem Jahre 1360 überliefert: Damals flog das Rathaus zu Lübeck in die Luft « durch die Unvorsichtigkeit derer, die das Pulver für die Bombarden bereiten ».

Zu den ältesten Darstellungen der Pulvergeschütze zählen die Miniaturen der großen kriegstechnischen Bilderhandschrift « Bellifortis » des bedeutendsten Kriegsingenieurs seiner Zeit, Konrad Kyeser von Eichstätt (1405). Unter den Abbildungen befindet sich sogar ein Schnellfeuergeschütz: ein Drehgeschütz mit sechs einzelnen Büchsen, die an einer starken hölzernen Walze befestigt und durch einen Hebel leicht drehbar sind; man konnte damit also sechsmal schnell hintereinander schießen. Da das Laden auch eines kleinen Geschützes damals immerhin etwa eine Viertelstunde in Anspruch nahm, wurde der Feind durch ein solches Schnellfeuergeschütz über die Stärke der eigenen Artillerie getäuscht. Die Vorstellung des « Revolvergeschützes » hat dann rund 100 Jahre später Leonardo da Vinci aufgenommen, weiter durchdacht und mit eindrucksvollen Konstruktionszeichnungen erläutert.

Kyesers Bilderhandschrift bildete die Grundlage für die Arbeit der meisten Kriegstechniker nach ihm. Alles, was für die Kriegsführung technisch wichtig war, ist darin behandelt. Da gibt es beispielsweise die Zeichnung eines Reiters mit einem Drachenfeldzeichen, der an einer losen Schnur über dem Reiter schwebt wie ein Ballon. Nun – dieser Drache ist in der Tat ein regelrechter Warmluftballon, der aus Pergament und Leinen besteht und in seinem Drachenmaul eine kleine Lampe enthält, welche die Luft im Innern erwärmt und so dem Ganzen Auftrieb gibt. Einen solchen Feuerdrachen haben sehr wahrscheinlich die Mongolen schon in der Schlacht von Wahlstatt bei Liegnitz im Jahre 1241 benutzt



Dieser Warmluftdrache, der seinen Auftrieb durch eine in seinem Rachen brennende Flamme einer Öllampe erhielt, ist ein rechtmäßiger Vorläufer der Montgolfière. Das Bild stammt aus der Handschrift des Konrad Kyeser von 1405



Aus der Handschrift «Bellifortis» des Konrad Kyeser (1405). Oben eine Öllampe für den Warmluftdrachen, unten eine Lotbüchse, die mittels eines Glüheisens abgeschossen wird

und dadurch die christlichen Streiter gehörig in Schrecken versetzt. Ein anderes Bild der Kyeser-Handschrift zeigt die Verwendung der bekannten Nürnberger Schere als Steigleiter und ist zugleich die älteste Darstellung der Nürnberger Schere überhaupt. Auf einer weiteren Miniatur ist ein Reiter mit einem Feuerbecken an einer Stange dargestellt, das im Ringgehänge gelagert ist und so stets waagerecht bleibt. Dieses Ringgehänge wird fälschlich nach dem italienischen Philosophen, Mathematiker und Arzt Geronimo Cardano (Hieronymus Cardanus) benannt, weil dieser es 1550 beschrieben hat. Es war aber schon lange vor ihm bekannt; bereits der altgriechische Techniker Philon von Byzanz kennt es um 200 v. Chr., und Leonardo da Vinci hat die «kardanische Aufhängung» um 1500 gezeichnet – mit derselben Zweckbestimmung, die sie durch die Jahrhunderte behalten hat: zum Aufhängen des Schiffskompasses. Kyesers Manuskript berichtet außerdem über aufblasbare Schwimmgürtel aus Leder, Belagerungsmaschinen, Hebezeuge, Pumpen und Wasserleitungen und sogar eine Dampfbadeanstalt.

Der Verfasser, Konrad Kyeser, geboren 1366, hat sein Werk als Verbannter in den böhmischen Wäldern vollendet. Über die Gründe seiner

Verbannung sagt er nichts, und was Kyeser nach Fertigstellung seines Buches getan hat, ist unbekannt. Wie sehr er seine Heimat geliebt hat, geht aus dem Widmungsprolog an Kurfürst Ruprecht von der Pfalz, der von 1400 bis 1410 deutscher Kaiser war, und an «alle Fürsten und Stände der Christenheit» hervor: «Wie der Himmel sich mit Sternen schmückt, so leuchtet Deutschland hervor durch seine freien Künste, wird geehrt wegen seiner mechanischen Kenntnisse und zeichnet sich aus durch vielerlei Gewerbe, deren wir uns billig rühmen.»

Mit anderen Worten das gleiche sagt 1484 der vielgereiste Ulmer Mönch Fabri: «Mit der göttlichen Kunst, Bücher zu drucken, sind auch die gewöhnlichen Künste verbessert worden, wie die Handarbeiten in allem Erz, in allem Stoff und allem Holz. Darin sind die Deutschen so fleißig, daß ihre Arbeiten durch die ganze Welt gerühmt werden.» In der Tat hatte sich die Handwerkskultur seit der Zeit der Städtegründung und dem Aufkommen der Zunftgemeinschaften sehr schnell entwickelt und zeitigte ihre höchste Blüte im 15. Jahrhundert.

Nach der vollendeten Christianisierung waren allenthalben die Klöster und die geistlichen Stifte die Träger von Bildung und Wissenschaft – im deutschen Sprachgebiet zum Beispiel Fulda, Reichenau, St. Gallen. Die gelehrten Kloster-, Stifts- und Domschulen wurden die Vorläufer der Universitäten, deren Gründung Ende des 12. Jahrhunderts begann (Bologna, Paris, Oxford). Die Klöster widmeten sich aber nicht nur der Pflege der Wissenschaft, sie trieben auch Landwirtschaft und Obstzucht, und sie wahrten und mehrten außerdem die vom alten Rom überkommenen gewerblichen Techniken.

Theophilus Presbyter, ein Benediktiner, der im 11. Jahrhundert lebte, hinterließ ein umfassendes Werk «Schedula diversarium artium», in dem er, auf praktischen Erfahrungen fußend, den ganzen Umkreis der handwerklichen Techniken und Verfahren ausführlich schildert, wobei er auch weitgehend die antiken Vorschriften mit heranzieht. Theophilus gibt nicht nur vielfältige und genaue Anweisungen zum Anfertigen der Handwerkszeuge und Vorrichtungen, etwa der Drehbank, sowie Rezepte zur Goldschmiedetechnik, zum Glasschmelzen, zum Gießen (auch zum Glockenguß) oder zum Bau von Orgeln, sondern er schildert auch die technischen Anlagen der Klöster.

Unter den Klöstern ist besonders St. Gallen zu nennen. Die Grundrißzeichnung dieses Klosters aus dem Jahre 820 ist noch erhalten. Die Werkstätten der Handwerker waren in besonderen Gebäuden untergebracht. Große Räume, wie das Refektorium, wurden nach der Art der römischen Hypokausten, das heißt mit Warmluft unter dem Fußboden, geheizt. Auch über eine Reihe von Badestuben mit Wannen verfügte

das Kloster. Dieser Fall steht nicht vereinzelt da. Für Warmluftheizungen großer Gebäude bietet das ausgehende Mittelalter mehrere Beispiele, wie die noch heute bestehende Gerichtsstube des Rathauses in Lüneburg zeigt: Vor den 25 Sitzen der Gerichtsherren befinden sich im Fußboden ebenso viele runde Löcher von 10 cm Durchmesser. Jedes Loch ist durch einen Bronzedeckel verschließbar. Unter diesen Öffnungen führt ein Kanal entlang, der mit der Heizanlage im Keller in Verbindung steht. Aus dem 14. Jahrhundert stammen ähnliche Anlagen auf der Marienburg in Westpreußen (1309), im Kloster Maulbronn und im Schloß zu Marburg, das 1325 erbaut wurde.

Träger des werktätigen Schaffens war im mittelalterlichen Europa mit seiner bäuerlichen Kultur bis ins hohe Mittelalter hinein der Bauer. Auch die bäuerlichen Handwerker, die in den Dörfern, auf den Gutshöfen der kaiserlichen Pfalzen, auf den Herrensitzen oder in den großen Klosterwirtschaften arbeiteten, sind diesem Stand zuzurechnen. Sie waren noch nicht selbständig, sondern zum Teil Hörige. In der Abtei Corvey zum Beispiel werden zu Beginn des 9. Jahrhunderts an Handwerkern genannt: Bäcker, Braumeister, fünf Schuster, zwei Lederbereiter, ein Walker, sechs Grobschmiede, zwei Goldschmiede, zwei Schildmacher, ein Pergamentbereiter, ein Schwertfeger, drei Gießer, vier Zimmerleute, vier Maurer oder Steinmetzen.

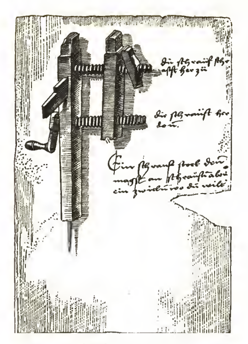
Neben die Klöster traten im Laufe des 10 Jahrhunderts allmählich die Städte, die sich aus Dorfgemeinden zu entwickeln begannen oder auch völlig neu gegründet wurden. Es waren zunächst kleine Ackerstädtchen, die aber zum Teil schnell aufblühten, wenn sie verkehrsgeographisch günstig lagen oder Residenzen weltlicher oder geistlicher Fürsten wurden. Der Wanderhandel ging allmählich in den Markthandel über; die Marktbesucher wurden seßhaft und bildeten den eingesessenen Handelsstand. Jetzt konnten sich auch Handwerkergenossenschaften bilden, die Zünfte, Innungen und Gilden, die bis zum Ende des 18. Jahrhunderts im städtischen Leben eine gewichtige Rolle spielten. Die organisierte Gemeinschaft der Zünfte schuf Einrichtungen, die dem einzelnen Handwerker nicht möglich gewesen wären, beispielsweise die Wollküchen (zum Reinigen der Wolle) oder die Kammhäuser (zum Kämmen der Wolle), ferner Ölmühlen, Sägewerke und dergleichen. Strenge Zunftordnungen regelten alles, was von gemeinsamem Interesse war, bis ins kleinste: die Rohstoffversorgung, die Preise und die fachliche Ausbildung. Nürnberg zählte 1363 schon 50 Handwerkergruppen mit 1216 Meistern, und gegen Ende des 15. Jahrhunderts gab es dort nahezu 400 Gewerbe. Diese splitterten sich immer weiter auf, eine Folge der zunehmenden Vervollkommnung und Verfeinerung der einzelnen Zweige und ihre Ursache zugleich. Das

deutsche Handwerk gewann Weltgeltung, und Deutschland galt im 14. Jahrhundert geradezu als das Land der Technik.

Die fortschreitende Entwicklung der handwerklichen Techniken kann am besten an den Porträtbüchern der beiden Zwölfbrüderstiftungen der wohlhabenden Nürnberger Bürger Konrad Mendel und Matthäus Landauer verfolgt werden, die um 1388 bzw. 1510 gegründet wurden, um jeweils zwölf arbeitsunfähig gewordenen oder in Not geratenen Handwerkern für ihren Lebensabend Asyl und Fürsorge zu bieten. Diese rein weltlich organisierten sozialen Altersheime für Handwerker stehen in ihrer Art wohl einzig da, und nicht minder einzigartig ist das, was uns von ihnen als Zeugnis geblieben ist: Etwa vier Jahrhunderte hindurch ist jeder Insasse der beiden Stiftungen in einem Gedenkbuch porträtiert worden, und zwar jeweils bei seiner handwerklichen Tätigkeit, obwohl die Meister in ihrem Altmännerheim gar nicht mehr zu arbeiten brauchten. Das älteste Album der Mendelschen Stiftung – es reicht von 1388 bis 1549 – enthält etwa 330 Darstellungen von Handwerkern der verschiedensten Berufsgruppen in ihren Werkstätten. Die leicht getönten Federzeichnungen sind unschätzbare Bilddokumente, die einen lebendigen Einblick in die handwerklichen Verrichtungen mit ihren Werkzeugen und einfachen Maschinen vom späten Mittelalter an vermitteln. Der Weber Hans beispielsweise, um 1390 porträtiert, sitzt an einem Webstuhl mit Trittvorrichtung. (Erstmals findet sich ein Trittwebstuhl mit zwei Schäften abgebildet in einer Cambridger Handschrift des 12. Jahrhunderts.) Ein ähnlicher Webstuhl ist offenbar auch auf einer schlecht erhaltenen Wandmalerei in einem Konstanzer Bürgerhaus aus der Zeit um 1310 dargestellt.

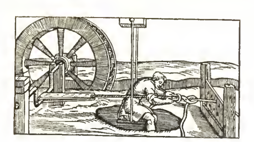
Die Bildnissammlungen der Zwölfbrüderstiftungen zeigen uns zahlreiche Beispiele für damals erfundenes oder vervollkommnetes Werkzeug, und es ist interessant, diese bildlichen Darstellungen in Beziehung zu setzen zu anderen Dokumenten, die uns vom Fortgang der technischen Entwicklung berichten, aber auch von den Hemmnissen, die der Zunftzwang oft genug den Erfindern in den Weg legte. So zeigt uns ein Porträt der Zwölfbrüderstiftung um 1402 den Drechsler Lorenz, wie er an einer Fitzelbank arbeitet. Es handelt sich bei diesem Werkzeug um eine Drehbank mit Treterei und einem elastischen Bogenholz als Feder, das oben an der Decke befestigt ist, wobei nur die Hälfte ihrer Umdrehungen nutzbar gemacht werden konnte. Rund anderthalb Jahrhunderte später kommt der entscheidende Fortschritt: 1561 erfindet der Rotschmied-Drechsler Hans Spaichel die gegenüber der Fitzelbank verbesserte Supportdrehbank, bei der ein verschiebbarer Schlitten das Werkzeug trägt. Aber: Der Rat der Stadt Nürnberg läßt 1578 diese Drehbank vernichten, weil Meister Spaichel beabsichtigt hatte, sie einem Goldschmied zu verkaufen! Die

Zünfte wollten eben um jeden Preis das Geheimnis neuer Arbeitsmittel und -methoden wahren, um auf diese Weise die Konkurrenz auszuschalten. Ähnlich ging es dem Rotschmied-Drechslermeister Wolf Dibler, der im letzten Viertel des 16. Jahrhunderts die Leitspindeldrehbank erfand: Er wurde 1590 mit einer mehrtägigen Turmhaft bestraft, weil er sein Stück an den Goldschmied Hans Petzold verkauft hatte.



Der erste Schraubstock, Zeichnung in der Bilderhandschrift des Nürnbergers Martin Löffelholz von 1505

Der Zunftzwang – das ist der Schatten in dem sonst so strahlenden Bild der stolzen Reichsstadt Nürnberg, die Richard Wagner in seinen «Meistersingern» mit Fug und Recht als die Hochburg meisterlichen Handwerkertums gefeiert hat. Viele Erfindungen sind in Nürnberg gemacht worden, so auch der Schraubstock, den ein (allerdings unbekannter) Nürnberger Meister etwa um 1500 erdacht hat. Vor diesem Zeitpunkt ist auf allen entsprechenden Darstellungen im Mendelschen Porträtbuch nur ein Pfahl mit Kappe zum Anlegen des Werkstücks abgebildet; erst in einer Handschrift des Nürnbergers Martin Löffelholz aus dem Jahre 1505 wird neben einer schweren Hobelbank mit Schraubzwingen und anderen Werkzeugen als neu auch ein hölzerner Schraubstock mit eisernen Klemmen dargestellt. Im Mendelschen Porträtbuch taucht dieser Schraubstock dann im Jahre 1528 beim Bilde eines Schlossers auf. Lehrreich sind auch die Darstellungen der Drahtzieher oder «Schockenzieher», so genannt, weil sie sich mit Hilfe einer schwingenden Schaukel die Arbeit des Drahtziehens erleichterten. Aus dieser Vorrichtung ist später der mechanische Drahtzug mit Wasserkraft hervorgegangen. Die Ansicht einer Drahtziehmühle, der «Kleinweidenmühle», die die Stadt Nürnberg 1494 besaß, hat Dürer in einem Aquarell festgehalten. In dieser Mühle wurde auf der Schaukel mit Wasserkraft Draht gezogen, ein Verfahren, das wohl



Drahtziehen auf der Schaukel. Holzschnitt aus Biringuccios «Pirotechnia» von 1540

erstmals in Vanoccio Biringuccios «Pirotechnia» von 1540 im Holzschnitt dargestellt erscheint.

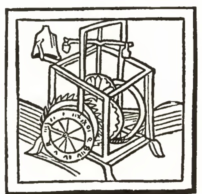
Während bei den oben beschriebenen Erfindungen und technischen Neuerungen die Herkunft eindeutig nachgewiesen werden kann, gibt es gerade im Mittelalter eine Anzahl von Erfindungen, bei denen die Urheber unbekannt geblieben sind. So ist es beispielsweise bei der Räderuhr mit Gewichtsantrieb. Uhren mit Zahnrädern waren schon der Antike bekannt; wer jedoch die Zahnhemmung, die «Waag-Hemmung», erfunden hat, wissen wir nicht. Auf jeden Fall war die Räderuhr um 1350 in der Form fertig, wie sie bis ins 17. Jahrhundert vorherrschend geblieben ist. Sie ist zuerst in Italien nachweisbar; aber auch in Deutschland reichen die ältesten Belege (Benediktinerkloster St. Peter zu Erfurt) bis ins erste Jahrzehnt des 14. Jahrhunderts zurück. Die älteste erhaltene Räderuhr mit Federzug und Schnecke an Stelle des Gewichts ist die Standuhr Philipps III. des Gütigen von Burgund, die ehemals automatische Figuren hatte. Sie wurde um 1429–1435 wahrscheinlich von Pierre Lombart, Uhrmacher zu Mons, und Jehan Pentin, Goldschmied in Brügge, erbaut. Der Mechanismus dieser Uhr ist als eine der Vorstufen für die kleinen Uhrwerke anzusehen, die etwa 80 Jahre später den Bau von Taschenuhren möglich machten. In der Tat besteht das Verdienst des Nürnberger Goldschmiedes Peter Henlein, der kurz vor 1510 die «Nürnberger Eierlein» (= Ührlein) erfunden hat, hauptsächlich darin, die damals üblichen Tisch- und Standuhren mit Federzug und Schnecke und einem umfangreichen Trieb- und Gangwerk so verkleinert zu haben, daß man sie bequem in der Tasche oder in einem Beutel mit sich tragen konnte. Henleins Uhren hatten die Form von Pillenschachteln. Der älteste urkundlich nachweisbare Uhrmacher in Deutschland ist der Frankfurter Meister Conrad (1364). Nicht viel jünger ist der Braunschweiger «Seigermacher» Meister Marquard (1386). Wahrscheinlich gab es in Köln aber schon um das Jahr 1200 Uhrmacher.

Öffentliche Uhren kann man bis ins 14. Jahrhundert zurück nachweisen. So baute 1324 Richard Wallingford, Abt von Saint Albans in Hertford

(England), eine astronomische Uhr mit Planetarium, die «Albion» genannt wurde. Im Jahre 1336 (oder 1328) fertigte Guglielmo Zelandino für den Azzo Visconti in Mailand auf der Kirche San Gottardo eine Turmuhr mit Gewichtszug an. Padua erhielt 1344 eine gleichartige Uhr. Das bedeutendste mechanische Werk des 14. Jahrhunderts war die mit bewegten Figuren und einem Glockenspiel ausgestattete Straßburger Münsteruhr, die von einem unbekannten Meister in den Jahren 1352/53 angefertigt wurde.

So unbeantwortet wie die Frage nach dem «Erfinder» der Räderuhr bleibt die Frage nach dem Mann, dem als erstem eingefallen war, Sehfehler mit Hilfe einer Brille zu korrigieren. Den frühesten Hinweis auf Augengläser für Alterssichtige stellen einige Verse des Minnesängers Missner des Älteren in der großen Heidelberger Liederhandschrift dar. Der Dichter, der um 1270 gelebt hat, sagt hier dem Sinne nach: Wenn wir im Alter die Schrift nicht mehr gut sehen können, dann nehmen wir einen leichten klaren Spiegel, um hindurchzusehen. Das Wort Spiegel hatte damals noch nicht die enge Bedeutung wie heute; mit dem «Spiegel», durch den man hindurchsehen sollte, ist vielmehr klares, gewölbtes Glas zu verstehen. Es erscheint aber fraglich, ob es sich hier schon wirklich um eine beidäugige Brille und nicht einfach um ein Vergrößerungsglas gehandelt hat. Der Prediger Fra Giordano di Rivalto pries am 23. Februar 1305 die Erfindung der Augengläser als ein göttliches Geschenk. Es sei noch nicht 20 Jahre her, daß man die Kunst erfunden habe, Brillen herzustellen. Der erste Arzt, der die Brille erwähnt, ist Bernard de Gordon (1303).

Es ist zweifelhaft, ob diese Erfindung in Oberitalien – in Venedig – gemacht worden ist. Immerhin war Murano bei Venedig, wo seit Ende des 13. Jahrhunderts die größte Glashütte des alten Europa beheimatet war, der Hauptsitz auch der Brillenherstellung. Die ersten Brillen bestanden, wie man erst seit kurzem weiß, aus hölzernen Gestellen, in denen die Gläser befestigt wurden. Bügel kannte man noch nicht; die beiden Fassungshälften wurden von einem Niet zusammengehalten, die Brille klemmte man sich auf die Nase. Die älteste Darstellung einer solchen Nietbrille findet sich 1532 auf einem Freskogemälde von



Die älteste Abbildung einer Räderuhr mit «Waag» aus dem Jahre 1470

Tommaso di Modena im Kapitolsaal San Nicola zu Treviso. Bis vor wenigen Jahren hatte man Kenntnis von den mittelalterlichen Brillen nur aus solchen bildlichen Darstellungen; um so wichtiger ist der Fund von vollständigen Nietbrillen aus dem 14. und 15. Jahrhundert, die 1953 neben vielen anderen Objekten unter den Bohlen des Gestühls im Nonnenchor des Klosters Wienhausen bei Celle entdeckt worden sind. Erst durch diese Brillen von Wienhausen, die ältesten der Welt, weiß man, daß die Fassung nicht aus Horn oder Eisen bestand, sondern aus Buchsbaum- oder Lindenholz. Ob die Gläser dieser Brillen aus Italien stammen oder von einer der seit dem 14. Jahrhundert auch für Deutschland nachgewiesenen Glasschleifereien, ist ungewiß. Die Nietbrillen waren für Alterssichtige bestimmt – Augengläser für Kurzsichtige und Bügelbrillen gab es erst Jahrhunderte später. Nürnbergs erste Brillenmacherordnung stammt aus dem Jahre 1535, die Anfänge der dortigen Brillenfabrikation liegen aber vor 1500, denn 1478 wird dort der «Parillenmacher» Jakob Pfuhlmaier genannt. Das gestielte Einglas findet man erstmals auf einem Kupferstich «Conspicilla» von Jan Collaert nach einem um 1575 entstandenen Gemälde von J. Stradanus (Giovanni Stradano), das eine Straße mit Brillenhändlern darstellt.

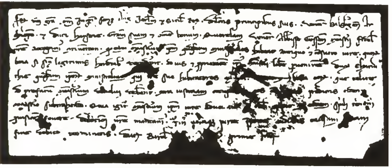
Außer den erwähnten Erfindungen, von denen besonders das Schießpulver eine tiefgreifende soziale und wirtschaftliche Umformung in weiten Teilen des Abendlandes einleitete, waren es vor allem die Verwendung und Weiterentwicklung des Papiers und die Erfindung der Buchdruckerkunst, die dem ausgehenden Mittelalter das Gepräge gegeben und das Gesicht der Neuzeit nicht minder geprägt haben als das Schießpulver und die verbesserten Werkzeuge der Handwerksmeister.

Im Alten Reich Ägyptens diente der Papyrus – das in Streifen übereinandergepreßte Mark der dicken Schäfte des Papyrusgrases – als Schreibmaterial; für noch fast drei Jahrtausende blieb der Papyrus ein wichtiger Exportartikel nach Ost und West. Gegen Ende des zweiten vorchristlichen Jahrtausends begann dann das Pergament, das aus ungegerbten, geglätteten Fellen junger Schafe und Ziegen hergestellt und wie der Papyrus in Rollenform aufbewahrt wurde, dem Papyrus Konkurrenz zu machen. Im Pergamon des Eumenes I., um 263 v. Chr., scheint es gelungen zu sein, die Verwendbarkeit der Tierhaut als Schreibmaterial so zu verbessern, daß der Papyrus übertroffen wurde und der Name der kleinasiatischen Hauptstadt für immer mit dem Pergament verbunden blieb. Die Kunst des Pergamentmachens verbreitete sich von Pergamon aus über Italien nach ganz Europa.

Alle frühmittelalterlichen Handschriften sind auf Pergament geschrieben. Das Papier begann erst im Hochmittelalter eine Rolle zu spielen.

Papier aus Pflanzenfasern war in China schon zur Zeit der ersten Han-Dynastie, um 180 v. Chr., bekannt; das Hadernpapier dagegen ist eine Erfindung des Hofbeamten Ts'ai Lun aus dem Jahre 105 n. Chr.; mindestens hat Ts'ai Lun das Aufbereitungsverfahren von Grund auf geändert und wirtschaftlich gestaltet, sicherlich infolge langjähriger Versuche. Das Verfahren wurde streng geheimgehalten. Erst im Jahre 751 kam durch chinesische Kriegsgefangene die Kenntnis der Papierbereitung nach Samarkand, wo die Araber sie sich sehr schnell aneigneten. Von diesen wurde sie über Bagdad, Kairo, Fes nach Spanien verbreitet; hier ist die erste Papiermühle für 1144 belegt.

Ob die Araber zur Zerkleinerung des Rohstoffs Kollermühlen verwendet haben, ist noch unklar. In Europa sind seit dem 13. Jahrhundert von Wasserkraft angetriebene Stampfwerke bekannt. Zunächst blieb Samarkand der Hauptort der morgenländischen Papiermacherei. Um die Mitte des 12. Jahrhunderts hatten die Papiermühlen von Xatira (in der Nähe von Valencia, das damals noch unter maurischer Herrschaft war) einen beträchtlichen Export, und um 1260, unter König Alfons X., begann die Herstellung von Papier im christlichen Spanien. Italiens älteste Papiermühle (1276) befand sich zu Fabriano in der Provinz Ancona – das Fabriano-Bütten ist noch heute berühmt. In Frankreich wird erstmals im



Aus dem Jahre 1228 stammt diese auf Papier geschriebene Urkunde im Wiener Staatsarchiv

Jahre 1338 als Papiermühle La Pielle bei Troyes erwähnt. Die älteste Papiermühle in Deutschland aber ist die Gleismühle an der Pegnitz, am Stadtrand von Nürnberg; Ulman Stromer ließ sie 1389 von italienischen Papiermachern und deutschen Werkleuten zu einer Papiermühle umbauen. Regensburg, Straßburg und Lübeck folgen in den ersten Jahrzehnten des 15. Jahrhunderts. Einer der ersten Papiermacher in England war Johann Spielmann aus Lindau, der 1585 seine Papiermühle zu Dart-

ford in der Grafschaft Kent begründete und für seine Verdienste in den Adelsstand erhoben wurde. Auf ihn hat drei Jahre später Thomas Churchyard ein langes Gedicht veröffentlicht. Darin heißt es:

> Ich preis' den Mann der uns zuerst Papier gemacht,
> Papier allein ist ja der Tugend wahrer Hüter.
> Es schafft uns neue Bücher und wahrt auch mit Bedacht,
> Was höher ist an Wert als sonst'ge Erdengüter.

Das vortreffliche Hadernpapier, aus Lumpen hergestellt und in Bütten geschöpft, wurde zur Voraussetzung für die kulturgeschichtlich wohl wichtigste Erfindung des ausgehenden Mittelalters, die Buchdruckerkunst. Auch diese hatte natürlich ihre Vorstadien.

Sehr früh schon hatte man in China erkannt, daß der im Papier gefundene billige Stoff für die Aufzeichnung von Schriften auch ein einfacheres Vervielfältigungsverfahren verlange als das mühselige Abschreiben. So kam man zunächst zu Abzügen von glattgeschliffenen Steinen, in deren Oberfläche die Schrift spiegelbildlich eingegraben war, und dann zum Druck mit Hilfe geschnittener Holztafeln, bis schließlich im 11. Jahrhundert der Schmied Pi-Scheng auf den Gedanken kam, nicht mehr ganze Holztafeln zu verwenden, die nach Beendigung des Druckes wertlos wurden, sondern an ihrer Stelle einzelne kleine Täfelchen mit jeweils nur einem Schriftzeichen zu benützen, die beliebig zu immer neuen Drucken zusammengestellt werden konnten.

Wie in China, so hat auch im Abendland das billige Papier eine einfachere und billigere Technik der Vervielfältigung geradezu gefordert, nur ist hier der Weg bis zum Druck mit beweglichen Lettern, für den China immerhin ein Jahrtausend gebraucht hat, sehr viel schneller zurückgelegt worden. Er geht auch hier über den Holztafeldruck. Dieser ist in Europa wohl ein Abkömmling des ebenfalls aus dem Morgenland stammenden Zeugdrucks, bei dem bildverkehrt aus einer Holzplatte geschnittene Muster als Ersatz für Stickereien auf den Stoff gedruckt wurden. Der Schritt vom Ornament der Zeugdruckmodel zur figürlichen Darstellung des Holzschnitts, vom Stoff zum Papier also, und der nächste, der dem Bild auch einen Text beifügt, war schnell getan; von Einblattdrucken kam man sehr bald zu ganzen «Blockbüchern», deren Text in Holz geschnitten war. Und nicht mehr als fünfzig Jahre nach der Gründung der ersten deutschen Papiermühle gelang auch der letzte entscheidende Schritt: im Jahr 1448 druckte Johannes Gutenberg das erste Buch, einen Kalender, mit beweglichen Lettern aus Metall.

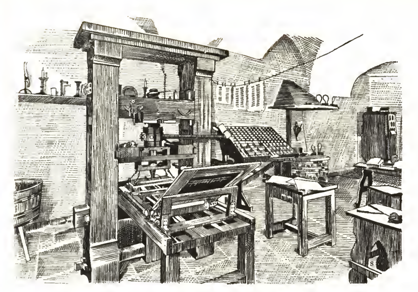
Geheimnisvolles Dunkel liegt über den Anfängen der Buchdruckerkunst

und über Leben und Werk des Mannes, «der das meiste Licht in die Welt gebracht hat». Kurz vor dem Jahre 1400 dürfte Johannes Gutenberg als Sohn des Mainzer Patriziers Friele Gensfleisch zur Laden zum Gutenberg geboren sein. Über seine Kindheit und über seine ersten Mannesjahre ist nichts bekannt. In diese Zeit fallen lebhafte Kämpfe zwischen den alten Patrizierfamilien und den zur Macht drängenden Zünften, und es ist wahrscheinlich, daß Gutenberg um dieser Auseinandersetzungen willen seine Heimat verließ, vielleicht verlassen mußte, und nach Straßburg ging. Er wurde Goldschmied, man weiß auch, daß er Mitglied der Münzergenossenschaft war. Wahrscheinlich hat er schon in Straßburg an seiner Erfindung gearbeitet, denn ein Aktenstück über eine gerichtliche Auseinandersetzung spricht von Schmelzformen, von einer Presse und davon, daß ein Goldschmied bei Gutenberg hundert Gulden mit dem verdient habe, «was zum trucken gehört». In den dreißiger und vierziger Jahren des 15. Jahrhunderts muß Gutenberg sodann seine Erfindung zur Reife gebracht haben. Der Kalender von 1448 ist sicherlich einer seiner ersten Versuchsdrucke; als ältestes Druckerzeugnis Gutenbergs gilt ein um 1445/46 gedrucktes Andachtsblatt vom Weltgericht. Da nichts von Gutenbergs Werkzeugen erhalten geblieben ist und man nicht einmal Beschreibungen oder Abbildungen aus seiner Zeit hat, kann man den Gedankengang, der ihn zu seiner Erfindung gebracht hat, nur aus dem Erfolg schließen, der ihm endlich beschieden war. Ausgegangen ist er sicher davon, daß man immer wieder verwendbare Einzeltypen gleicher Gestalt und gleicher Größe an Stelle der nur für jeweils einen Druck geschnittenen Holztafeln haben mußte. Diese einzelnen Typen mußten aus Metall sein, denn Holz nützte sich zu schnell ab und bot nicht die Gewähr sauberer Zeilenhaltung. Die Lettern aber aus Metall zu schneiden, war zwar technisch möglich, praktisch jedoch nicht durchführbar. Niemals konnten, selbst bei großer handwerklicher Geschicklichkeit, die vielen einzelnen Buchstaben, die man für den Druck etwa einer Bibel benötigte, auch nur annähernd gleich ausfallen, ganz abgesehen davon, daß dieses Verfahren viel zu kostspielig würde. Nicht umsonst aber war Gutenberg Goldschmied und Münzer, kannte also die Techniken des Stempelschneidens und Gravierens, Prägens und Gießens. Wollte man stets gleiche Lettern von beliebiger Zahl haben, so mußte man sie gießen. Die Herstellung einer Gußform für jede Letter aber genügte nicht, denn sie konnte Schaden nehmen, und eine der ersten Form genau gleichende nachzuschneiden, würde wieder außerordentlich schwierig sein. Es galt also eine Form zu schaffen, aus der sich jederzeit gleiche Gußformen herstellen ließen. Diese «Vaterform» oder Patrize, bildverkehrt wie die zum Druck verwendete Letter, schnitt Gutenberg erhaben aus einem Stück erweichten Stahls, der nach Fertig-

stellung durch Ausglühen wieder gehärtet wurde. Schlug er mit dieser Patrize eine Prägung in ein Stück Eisen oder Kupfer, so ergab der Abdruck eine bildrichtige, vertiefte Form. Flüssiges Blei, in diese «Mutterform» oder Matrize gegossen, mußte nach dem Erkalten eine genaue Nachbildung der Patrize ergeben. Es hat sicherlich unendlich mühseliger Kleinarbeit bedurft, bis Gutenberg diese Lösung gefunden hatte, bis sein Handgießapparat so vollendet war, daß jede damit gegossene Type auch wirklich einwandfrei allen vorher und nachher gegossenen glich. Besonders bemerkenswert ist, daß Gutenberg auch das geeignetste Gießmaterial alsbald herausgefunden hatte, nämlich jene Mischung von Blei, Zinn und Antimon, wie sie im großen und ganzen noch heute verwendet wird. In dieser seiner Erfindung des Schriftgießens aber liegt die eigentliche Erfindung des Buchdrucks beschlossen – alles weitere war nur noch Nebenwerk.

Im Jahr 1448 ist Gutenberg wieder in Mainz, und es ist charakteristisch, daß von nun an die ohnehin so spärlichen Akten nur noch von Schulden reden, die Gutenberg immer wieder macht und machen muß um seines Werkes willen, denn er braucht Metall, Maschinen, Pergament, Papier, und er muß Löhne zahlen. Im Jahre 1450 gibt ihm der reiche Mainzer Bürger Johann Fust Darlehen in Höhe von 1600 Gulden – fast 50000 Mark nach heutigen Geld –, und Gutenberg verpfändet ihm dafür die gesamte Werkstatteinrichtung und «das Werk der Bücher», das also, was er zu drucken beabsichtigt. Das aber ist die riesige Leistung der Zweiundvierzigzeiligen Bibel, jenes Wunderwerk, das in unerreichter Vollkommenheit am Beginn der Geschichte der Buchdruckerkunst steht.

Es ist nicht bekannt, wie groß die Auflage dieses zwei Foliobände mit zusammen 1282 Seiten umfassenden, in Satz, Druck und Buchschmuck einzigartig schönen Werks gewesen ist. Man schätzt, daß etwa fünfunddreißig Exemplare auf Pergament und rund hundertfünfzig auf Papier gedruckt worden sind. Erhalten sind heute noch als kostbarste, sorgfältig gehütete Schätze großer Bibliotheken dreiunddreißig Bibeln auf Papier und zwölf auf Pergament. Sicher ist jedenfalls, daß Gutenbergs finanzielle Schwierigkeiten nicht aufhören wollten und er den Gewinn seiner Arbeit nicht mehr erzielen konnte. Fust verklagte ihn wegen der Darlehen und der aufgelaufenen Zinsen. Gutenberg wird verurteilt, und im Jahr 1456 ist Fust im Besitz nicht nur von Gutenbergs Werkstatt, sondern übernimmt mit ihr sehr wahrscheinlich auch die inzwischen fertig ausgedruckte Zweiundvierzigzeilige Bibel, deren Verkauf allein ihm das Mehrfache des Gutenberg gegebenen Darlehens eingebracht hat. Gutenbergs Gehilfe Peter Schöffer führt die Werkstatt seines einstigen Meisters zunächst gemeinsam mit Fust und nach dessen Tode allein weiter. Noch unter dem Sohn und dem Enkel Peter Schöffers blüht die Offizin.



So sah es in Gutenbergs Offizin aus

Die Akten schweigen darüber, wie Gutenberg das schwere Schicksal, sich von Werkstatt und Werk trennen zu müssen, aufgenommen hat, sie schweigen auch über seinen weiteren Lebenslauf fast völlig. Wir erfahren nur noch, daß er im Jahre 1467 zum Hofstaat des Mainzer Erzbischofs gehört. Manches spricht dafür, daß er eine neue Werkstatt eröffnet hat, denn er ist im Besitz von Werkzeug, Formen und Typen, als er – wahrscheinlich zu Beginn des Jahres 1468 – in seiner Heimatstadt Mainz stirbt.

Tragisch wie das Schicksal ist das Vergessen, dem Gutenbergs Persönlichkeit anheimgefallen ist. Es gibt kein authentisches Porträt von ihm, keiner seiner Drucke trägt seinen Namen, und man kennt keine klaren, zeitgenössischen Berichte über seine Erfindungen. Mühselige, subtile Forschungen erst haben ein einigermaßen befriedigendes Bild von seinem Schaffen geben können. Geblieben aber ist sein Werk. Seine Mitarbeiter und Schüler waren es, die schon zu seinen Lebzeiten die Kunst des Buchdrucks über Europa verbreiteten. Bamberg (1457), Straßburg (1460), Köln (1465) und Augsburg (1468) sind die ersten Druckorte in Deutschland. Die deutschen Buchdrucker Conrad Sweinheim und Arnold Pannartz gründen die erste italienische Druckerei in einem Kloster bei Rom im gleichen Jahre, in dem die erste Kölner Offizin entsteht. Drei Jahre später eröffnet Gutenbergs Gehilfe Bechtold Ruppel in Basel eine Werkstatt,

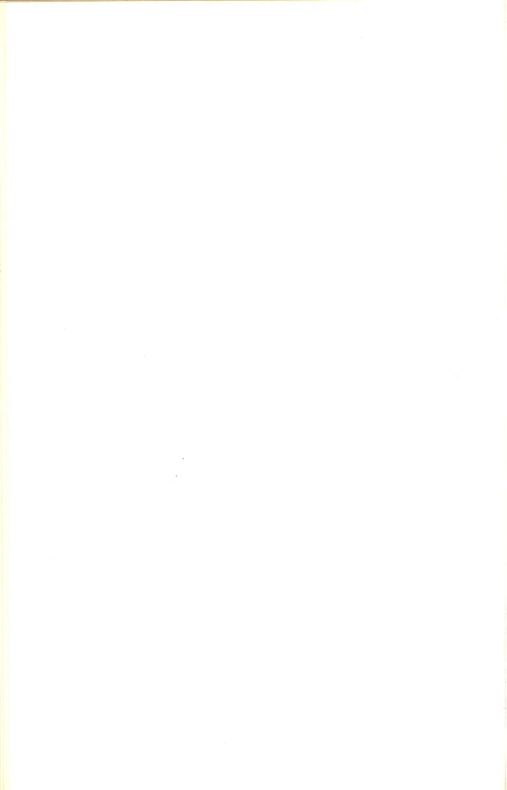
und abermals zwei Jahre darauf, im Jahre 1470, richten drei Deutsche die erste Druckerei in Paris ein. Die schnelle Ausbreitung der «Schwarzen Kunst» zeigt am allereindringlichsten, welch großem Bedürfnis Gutenbergs Erfindung gerecht geworden war. Das gedruckte Buch wird die Hauptwaffe der Humanisten, es trägt Bildung in weite Schichten des Bürgertums, mit ihm erhalten die europäischen Sprachen ihre endgültige Ausprägung als Schriftsprachen, das gedruckte Buch wird der Künder der neuen Zeit und des neuen Weltbildes, das Christoph Kolumbus und Nikolaus Kopernikus, Erasmus von Rotterdam und Martin Luther heraufführen.

Die schnelle Verbreitung der Buchdruckerkunst begünstigte in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts auch die Holzschnitt-Illustration, nachdem 1461 der Bamberger Drucker Albrecht Pfister damit begonnen hatte, den Holzstock in den Letternsatz unmittelbar einzufügen. In Städten wie Augsburg, Basel, Ulm und Straßburg blühten Offizinen auf, die schöne Druckwerke mit reichem Holzschnittschmuck auf den Büchermarkt brachten. Denn neben der religiösen und der Erbauungsliteratur bedurfte vor allem das Volksbuch einer guten Bebilderung, insbesondere aber auch solche Werke, die Themen aus der Baukunst und der Technik behandelten. Vitruvs «De Architectura» zum Beispiel wurde um 1484 in Rom gedruckt, und das erste Druckwerk über Ingenieurtechnik ist das um 1466 verfaßte und 1472 in Verona gedruckte kriegstechnische Maschinenbuch von Roberto Valturio «Elenchus et Index rerum militarium», das eine Reihe ganzseitiger Holzschnitte enthält. In Deutschland benutzte der Augsburger Drucker Ludwig Hohenwang diese Holzschnitte für die Illustrierung des Werkes «De re militari», das von dem spätrömischen Kriegsschriftsteller Flavius Vegetius Renatus (um 390 n. Chr.) stammt. Das Buch erschien 1476. Im 16. Jahrhundert häuften sich dann die Druckausgaben, bereichert um schöne Holzschnitte von namhaften Formschneidern. Technik und Handwerk erlebten in diesem Jahrhundert eine überreiche Fachliteratur.

Aufstieg einer Montgolfiere im März 1784 bei Straßburg. Im Hintergrund der Turm des Münsters



Expérience Aérostatique
du S.r Adorne, premiers essais faits à la Citadelle de Strasbourg au mois de
Mars 1784, avec un Ballon de 80 pieds de hauteur sur 136 de Circonférence
deplaçant 113 310 pieds cubes d'air Athmosphérique du poids de 26 ½ Quintaux en tout.



Alchemie und Erfahrung

Auf dem Umweg über die islamische Wissenschaft waren das Werk und das Weltbild des Aristoteles im mittelalterlichen Abendland bekanntgeworden, insbesondere auch das aristotelische Realwissen. In der Welt der scholastischen Wissenschaft wurde er zu einer Autorität, seine Lehre fast zu einem Dogma erhoben; vor allem der «Doctor universalis», Albertus Magnus aus dem Geschlecht des Grafen von Bollstädt (1193–1280), war es, der das aristotelische Wissen in das Gebäude des christlichen Glaubens einfügte. Aber selbst ein so hervorragender Beobachter wie Albertus war immer noch viel mehr Buchgelehrter als Naturforscher, auch ihm galten noch die philosophische Spekulation und das Urteil von Autoritäten, wie es Aristoteles oder Avicenna (980–1037), der arabische Aristoteles-Interpret, waren, mehr als die Erfahrung und ihre Nachprüfung im Experiment.

Avicenna – arabisch Ibn Sina – hat als «Fürst der Wissenschaft» höchste Bedeutung für die Vermittlung griechischer Wissenschaft an das Morgenland, vor allem aber auch an das Abendland, in dem die Kenntnis dessen, was Hellas geschaffen hatte, fast völlig verlorengegangen war. Aber neben ihm stehen zahlreiche andere Mohammedaner – durchaus nicht alles Araber, sondern Männer aus allen möglichen Ländern, über denen die grüne Fahne des Propheten wehte –, die für die reine und die angewandte Naturwissenschaft entscheidende Beiträge geliefert und damit auch die abendländische beeinflußt haben. Da ist Al Khwarizmi (um 800), der große Mathematiker, dessen latinisierter Name in dem Begriff Algorithmus weiterlebt; unter Algorithmus versteht man ein zur Regel gewordenes Rechenverfahren. Ihm verdanken wir es, daß wir mit «arabischen Ziffern» schreiben – es sind in Wirklichkeit die Ziffern der Inder, und das Wort «Ziffer» stammt genauso aus dem Arabischen wie das Wort «Algebra» – und nach dem Stellenwert rechnen. Da ist der große Physiker Alhazen (963–1038) mit seinen optischen Versuchen (s. S. 95); an seine Arbeit knüpft erst sehr viel später die Optik des Abendlandes an. Und da sind vor allem die islamischen Alchimisten (auch die Worte Alchimie und Chemie sind arabischen Ursprungs genauso wie Alkohol, Natron, Soda, Borax, Kampfer, Elixier, Sirup und Zucker!), denen das mittelalterliche Europa eine ganze Reihe chemischer Erkenntnisse verdankt – wie in allen Wissenschaften auf dem Weg über Sizilien, Unteritalien und Spanien, dort, wo sich christliche und arabische Kultur berührten.

Auch in der Chemie hatten die Araber an das griechische Wissen angeknüpft. Dafür nur ein Beispiel: Schon in der hellenistischen Epoche, bei dem im 3. nachchristlichen Jahrhundert lebenden Alexandriner Zosimos, gab es Vorrichtungen, die man als einfache Destillierapparate ansprechen kann. Alexandrinische Alchimisten und Pharmakologen waren die ersten, die auf diesem Wege ätherische Öle gewannen. Als die arabischen Gelehrten im Hochmittelalter das Erbe des Hellenismus übernahmen, wurde von ihnen auch die Destillationstechnik weiter ausgebildet. Al Razi (Rhases, 865–925) beschreibt bereits zwei Arten der Destillation: über dem offenen Feuer und im Wasser- oder Aschenbad. Die Araber geben ihre Kenntnisse weiter an das Abendland; dem Arzt Arnaldus de Villanova (etwa 1235 bis 1311) verdanken wir die erste allgemeine Beschreibung des Destillationsprozesses ätherischer Öle. Aber inzwischen hatte man in Europa selbständig weitergearbeitet: Die direkte Wasserkühlung des Destillierhelms, insbesondere aber die Erfindung der Schlangenkühlung, ermöglichten auch die Kondensation niedrigsiedender Flüssigkeiten und damit die Darstellung des Alkohols. (Zugleich war es jetzt möglich, die starken Säuren, die Schwefelsäure und die Salpetersäure, darzustellen, was für die chemische Technik besonders wichtig werden sollte.) Die Entdeckung der direkten Wasserkühlung und der Schlangenkühlung ist anscheinend gegen Ende des 11. Jahrhunderts in Italien erfolgt, und zwar, wie angenommen wird, im Rahmen der berühmten Ärzteschule von Salerno, die zur Pflanzstätte aller medizinischen Fakultäten der Welt geworden ist. Vom Gebrauch schlangenförmiger Kühlrohre berichtet erstmals der Bologneser Mediziner Taddeo degli Alderotti (1223–1303) in seinem Traktat über den Weingeist. Im 15. und 16. Jahrhundert erfuhr die Destillationsapparatur, um das vorwegzunehmen, vielfältige Verbesserungen und Formwandlungen, wie aus den reich mit Holzschnitten gezierten Werken von Michael Puff van Schrick (1478), des Straßburger Arztes Hieronymus Brunschwick (1500 und 1512) und anderer zu ersehen ist. Seitdem kennt die Menschheit die starken alkoholischen Getränke, die anfänglich nur als Medikamente dienten. Aber schon 1493 nicht mehr ausschließlich. Denn in einem Gedicht aus diesem Jahre heißt es:

> Nach dem un nun schir yderman
> Gemeinklichen sich nimet an
> zu trinken den gepranten wein ...

Der erste Ansatz dazu, über die «Autoritäten» und über das Erfahrungswissen der Araber hinaus zu einer selbständigen Fortbildung der naturwissenschaftlichen Überlieferung zu gelangen, erfolgte an der Pariser Universität, die sich im 12. Jahrhundert aus der bischöflichen Lateinschule

entwickelte. Eine Zeitlang hat auch Albertus Magnus dieser Universität angehört.

Mit dem 13. Jahrhundert beginnt dann die allmähliche Überwindung des Aristotelismus im Sinne eines bloßen Buchwissens, und innerhalb der Scholastik gibt es Strömungen, die keineswegs erfahrungsfeindlich sind. Zu den Männern, die in erster Linie diese neue Geistesrichtung vertraten, gehört der Engländer Roger Bacon (1214–1294), den man geradezu als den Begründer der Experimentalwissenschaft und der mathematischen Physik hingestellt hat. Nach ihm gibt es zwei Erkenntniswege: das Argument – wir sprechen heute von Theorie – und das Experiment. Das Argument, meint Bacon, gebe keine Sicherheit; die Wahrheit bedürfe der Bestätigung durch die Erfahrung. Bei ihm, wie auch bei dem Scholastiker Wilhelm von Occam (1290–1349), spielt der Begriff der «Experientia» (Erfahrung) bereits eine bedeutsame Rolle; damit ist allerdings noch nicht so sehr das Experiment in dem uns geläufigen Sinne zu verstehen als vielmehr die Beobachtung, wie sie die tägliche Erfahrung liefert. Roger Bacon war auch wegweisend in seiner theoretischen Behandlung optischer Probleme. Hinsichtlich des Magnetismus fußte er auf Pierre de Maricourt, der 1269 in seiner «Epistola Petri Peregrini» eine geschlossene Darstellung der magnetischen Erscheinungen geliefert hat; Bacon nennt Pierre de Maricourt einen «Meister der Erfahrungswissenschaft», und in der Tat kann die «Epistola» als Musterbeispiel einer Experimentaluntersuchung aus so früher Zeit gelten. Wenn Roger Bacon allerdings von Flugmaschinen oder Kraftwagen spricht, die man bauen könne, so sind das nichts als gedankliche Spielereien – Utopien.

Im 14. Jahrhundert vollzieht sich dann, wie Professor Anneliese Maier gezeigt hat, der Übergang von der Naturphilosophie zur Naturwissenschaft gerade auf dem Gebiet, von dem 300 Jahre später mit Galileo Galilei die moderne Physik ihren Ausgang genommen hat: Es ist dies der Problembereich der Bewegungsvorgänge, also die Mechanik. Ein neues Zeitalter dämmert herauf, und nicht lange mehr wird es dauern, bis sich zum theoretischen Durchdenken mechanischer Probleme das Praktische hinzugesellt – das, was insbesondere in Süddeutschland und in Oberitalien an handwerklicher Erfahrung von Generation zu Generation überliefert und vervollkommnet worden ist. In den Gedanken, Aufzeichnungen und Entwürfen, Konstruktionen des großen Leonardo da Vinci finden wir dann beides vereint. Mit ihm überschreiten wir für die Technikgeschichte die Schwelle vom Mittelalter zur Neuzeit, und kennzeichnend für das Neue ist jener Grundsatz des «Kusaners», jenes Kardinals Nikolaus von Kues (1401–1464), der gleich bedeutend war als Kirchenfürst, Theologe und Philosoph wie als Mathematiker und Naturforscher: «Alles

Erkennen ist Messen.» Durchdringen sich beim Kusaner gleichsam noch scholastisches und neues Denken, so strahlt im Werk des Leonardo da Vinci Denken und Handeln einer neuen Zeit bereits in vollem Glanz – jener neuen Zeit, die wir Renaissance nennen.

Künstler werden Ingenieure

Ein neues Bild der Welt und der Erde, ein neues Bild vom Menschen entsteht in jener großartigen Epoche der Menschheitsgeschichte, die sich selbst den Namen Rinascimento, Renaissance – Wiedererweckung und Neuentdeckung – gegeben und im 15. Jahrhundert von Italien ihren Ausgang genommen hat. Unabsehbar ist die Zahl der Großen dieser faszinierenden Zeit; einer aber ragt noch weit über sie alle hinaus, einer, in dessen Persönlichkeit ein Menschentyp zum ersten Mal erscheint, gleichzeitig aber auch seine vollendete Prägung gefunden hat, der von damals an das Gesicht unserer Welt entscheidend beeinflussen sollte: Der Mensch, der die Natur und ihre Gesetze erforscht, um sie beherrschen zu können. Leonardo da Vinci, einer der größten Maler in der größten Epoche der Malerei, er ist zugleich auch das wissenschaftliche und technische Genie, das am Anfang der Entwicklung moderner Naturforschung und -beherrschung steht.

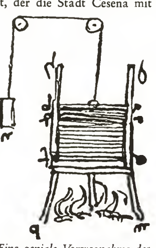
Sein äußerer Lebensablauf ist mit wenigen Worten erzählt: Seine Mutter war eine sechzehnjährige Bauerntochter, sein Vater Piero da Vinci Rechtsanwalt und Notar aus altangesehener Juristenfamilie. Leonardo wird am 15. April 1452 als Kind der Liebe geboren, von seinem Vater aber, der bald danach von seiner Familie mit einem Mädchen aus gutem Hause vermählt wird, als legitimer Sohn zu sich genommen; fern von der Mutter wächst der Knabe Leonardo auf einem Familiengut in der Nähe von Florenz heran, ein Kind von auffallender Schönheit und von erstaunlichen Geistesgaben. Als der Vater die ungewöhnliche Begabung seines Sohnes erkennt, schickt er den Sechzehnjährigen zu dem Künstler Andrea del Verrocchio nach Florenz in die Lehre. Verrocchio (1436–1488) selbst, der Schöpfer des berühmten Colleoni-Reiterstandbildes in Venedig, war Maler, Bildhauer, Goldschmied und Holzschnitzer zugleich, seine Werkstatt aber eine Schule der Genies: Perugino, Credi, Ghirlandaio, Botticini, wahrscheinlich auch Botticelli sind aus ihr hervorgegangen – und Leonardo.

In Verrocchios Werkstatt wird Leonardo nicht nur mit den handwerklichen Grundlagen für die Künste vertraut, zu denen es ihn hinzieht, hier entwickelt er sich nicht nur schnell selbst zu einem Könner – mit

zwanzig Jahren bereits führt ihn die Florentiner Malerzunft als Meister –, hier lernt er auch Mathematiker und Anatomen, Geographen, Astronomen und andere Naturkundige kennen, und mit einer Leidenschaft ohnegleichen stürzt er sich in die Erforschung der Natur, der lebenden ebenso wie der toten.

Knapp dreißig Jahre ist Leonardo alt, als ihn Lorenzo de Medici, il Magnifico – der Prächtige –, nach Mailand zu Lodovico Sforza schickt, den man il Moro, den Mohren, nennt. Vorwiegend als Ingenieur, als Waffen- und Bautechniker schafft Leonardo die nächsten Jahre am Hofe der Sforza. In jener Zeit entstehen aber auch seine beiden Werke, die ohne Beispiel geblieben sind, wenn sie auch als zum größten Teil verloren gelten müssen: Das gewaltige Reiterstandbild des Francesco Sforza ist nie fertig geworden, das Modell dazu wurde von französischen Bogenschützen zerschossen; das «Heilige Abendmahl» aber, auf den Wandverputz eines Refektoriums gemalt, war schon nach wenigen Jahren durch Feuchtigkeit und Abblättern fast völlig zerstört, und erst in unserer Zeit hat liebevolle Restauration unter Benutzung der zahlreichen Skizzen Leonardos und der vielen Kopien aus früher Zeit wenigstens eine leise Ahnung von dem Wunderwerk vermitteln können.

1498 ist Leonardo wieder in Florenz, wird dann eine Zeitlang General-Ingenieur des Cesare Borgia, der Italien unter seiner gewalttätigen Faust einigen will, und kehrt, nachdem er in Cesare Borgias Auftrag Festungsanlagen errichtet und den Kanal gebaut hat, der die Stadt Cesena mit ihrem Hafen verbindet, nach Florenz zurück. Hier entsteht die berühmte «Mona Lisa», hier die «Heilige Anna selbdritt» mit dem vielleicht schönsten Frauenporträt, das je ein Maler geschaffen hat, und hier macht er seine großartigen Studien über den Flug der Tiere und Menschen. 1506 geht Leonardo wieder nach Mailand, wird Hofmaler des französischen Königs Ludwig des XII., folgt diesem nach Frankreich, wo er fortan lebt und am 2. Mai 1519 in Schloß Amboise in der Touraine stirbt – wie Goethes greiser Faust an der Landgewinnung durch Trokkenlegen und Urbarmachen von Sümpfen arbeitend.


Eine geniale Vorwegnahme der «Feuermaschine» des 18. Jahrhunderts ist Leonardos Skizze zu einem Dampfversuch

Die Welt wußte, als Leonardo gestorben war, daß ein großer Maler dahin-

geschieden war, ein Maler zudem, der immer nach dem Höchsten gegriffen, der immer das Unmögliche, das Unerreichbare zu packen gesucht hatte, und der gerade deshalb so viele Werke unvollendet hatte liegen lassen müssen. Niemand aber ahnte damals, welche Fülle von Erkenntnissen, um Jahrzehnte und Jahrhunderte seiner Zeit voraus, dieser Leonardo in seinen Tagebüchern und auf seinen Skizzenblättern niedergelegt hatte: Ergebnisse sauberster Beobachtung, genialen Einfühlens, schärfsten Nachdenkens, exaktester Berechnung.

Sein Schüler Francesco Melzi, der ihn in den letzten Lebensjahren begleitet und unter des Meisters Anleitung ausgeführt hatte, was der Alternde nicht mehr zu bewältigen vermochte, war von Leonardo testamentarisch zum Haupterben eingesetzt worden und so in den Besitz des reichen Schatzes seiner handschriftlichen und zeichnerischen Hinterlassenschaft gelangt. Nach dem Tode Melzis (1570) begann die Irrfahrt dieser kostbaren Aufzeichnungen, und eine Anzahl der Manuskripte, so die über die Maschinenelemente und das «Buch von der Bewegung», sind für immer verlorengegangen.

Unter den erhalten gebliebenen Handschriften mit ihren oft meisterhaften Konstruktionszeichnungen und Skizzen, zu denen die erläuternden Texte in Spiegelschrift geschrieben sind – Leonardo war Linkshänder –, sind besonders wichtig der Codex Atlanticus, so benannt nach seinem Atlasformat, eine in sich völlig ungeordnete Sammlung von Manuskripten mit etwa 1700 Zeichnungen von großer Mannigfaltigkeit, die im Zeitraum von etwa 1490 bis 1518 entstanden sind, und der Traktat über den Vogelflug «Codice sul volo degli Uccelli», der auf 1505 zu datieren ist. Von etwa 1490 stammen der Traktat über Kriegswaffen, über Architektur, sowie andere Schriften technischen Inhalts.

Leonardo hatte es sich angelegen sein lassen, die gesamte einschlägige Fachliteratur von den klassischen und arabischen Autoren bis zu den spätscholastischen Denkern kennenzulernen. Hierzu kam seine praktische Erfahrung. Die Grundlagen seiner Erkenntnisse in der Mechanik waren bei den Geometern des ausgehenden Mittelalters vorgebildet, die, ebenso wie die Kriegstechniker, die Baumeister und die mit der jetzt geradezu revolutionär neuen Sicht der Perspektive arbeitenden Künstler, ganz und gar Männer der Praxis waren. Ein Architekt mußte damals, genau wie zu Zeiten des Vitruv, allen nur denkbaren technischen Aufgaben gewachsen sein. Der erste, der selbständig zur Erkenntnis der Gesetze von der malerischen Perspektive gelangt war, ist wohl Filippo Brunelleschi (1377–1446), der große Architekt; er kann bereits als «Künstleringenieur» bezeichnet werden, welchen Typ später Leonardo so charakteristisch vertreten hat.

Hinsichtlich der optischen Probleme, denen sich Leonardo besonders gewidmet hat, konnte er viel von den Arabern lernen, von Ja'qubal Kindi (etwa 750–850) und insbesondere von Abu Ali Al-Hasan († 1038), der auch Alhazen genannt wird. Alhazens Hauptwerk «Kitab al Manazir» war in Übersetzungen *das* Lehrbuch der Optik bis zu Keplers Zeiten. Leonardo hat auch die Werke des Architekten Leon Battista Alberti (1407 bis 1472) eifrig studiert, der sich viel mit mathematischen und physikalischen Studien beschäftigt hatte und als technischer Sachverständiger wie als Theoretiker der Kunst und des Handwerks in ganz Italien als Autorität galt. Seine zwischen 1450 und 1452 geschriebene technische Enzyklopädie «De arte aedificatoria» trägt schon ganz den Charakter der Renaissance.

«Wer die Praxis ohne die Theorie liebt, ist wie ein Seemann, der auf ein Schiff ohne Steuer und Kompaß steigt und nie weiß, wohin er gerät», lautet ein bezeichnender Aphorismus Leonardos. Er sieht in der Optik die hervorragendste der physikalisch-mathematischen Wissenschaften, und die Technik ist für ihn «das Paradies der mathematischen Wissenschaften, denn dort kommt die Frucht zur Reife».

Schon in seinem Bewerbungsschreiben an Lodovico Sforza, etwa 1481, hatte sich Leonardo erstaunlicher Künste und Fertigkeiten gerühmt, hatte behauptet, er sei der Erfinder einer leichten transportablen Brücke, mit der man die Feinde auch über Flüsse hinweg verfolgen könne, hatte betont, er könne riesige Geschütze gießen, könne die Wassergräben belagerter Festungen durch Saugpumpen leeren. Und was er an Erfindungen für den Krieg auf seinen Blättern niedergelegt hat, macht staunen und schaudern zugleich: Da findet man Sichelwagen ebenso wie Vorläufer der Panzer unserer Zeit, Granaten, Schrapnells und Raketengeschosse, Orgelgeschütze, Hinterlader und Handgranaten, Gasbomben und Gasmasken.

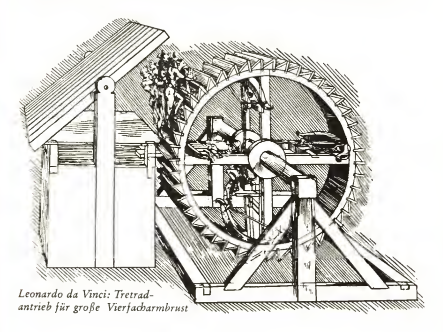
Bemerkenswert ist, daß eines der größten Blätter im «Codex Atlanticus» die sorgfältige Zeichnung einer polygonalen Festungsanlage enthält, die man lange Zeit Albrecht Dürer zugeschrieben hat. Der Grundgedanke besteht darin, von einem hochliegenden Wall aus den ganzen Wallgraben mit Geschütz- und Gewehrfeuer zu bestreichen. Leonardos Revolvergeschütz wurde schon auf S. 72 erwähnt. Es war eine Abwandlung seines Orgelgeschützes. Bei diesen Geschützen erfolgte die Zündung einer Reihe von Rohren durch Pulver, das sich in einer Rinne befand. Wurde dieses Pulver an einer Stelle angezündet, so pflanzte sich das Feuer schnell zu sämtlichen Rohren fort. Sein Dampfgeschütz, der «Erzdonnerer», war eine Maschine aus dünnem Kupferblech, «die Kugeln von Eisen mit großem Geräusch und großer Gewalt» fortschleuderte;

aus der Erläuterung geht hervor, daß Leonardo mit dem «Erzdonnerer» Versuche angestellt hat. Er nennt Archimedes als den Erfinder, womit er aber ganz offensichtlich nur einen Kriegstechniker seiner Zeit gemeint haben kann, der diesen Beinamen trug. Bevor man die Entwürfe Leonardos kannte, galt das Dampfgeschütz von Marin Bourgeois, das dieser im Jahre 1605 dem französischen König Ludwig XIII. vorführte, als das älteste. Für den reitenden Schützen empfiehlt Leonardo die Benutzung fertig patronierter Munition, lange vor Alessandro Capiobianco, der die vollständige Gewehrpatrone mit Pulver und Kugel 1597 beschrieben hat.

Und das alles entwirft ein Mann, der selbst den Krieg als «bestialissima pazzia» bezeichnet, als die tierischste Tollheit. Sicher also ist es nicht die Lust an Krieg und Menschenmord, die ihn beim Konstruieren leitet, sondern die Freude am Schaffen gerade des Ungewöhnlichen, die Kühnheit des Gedankens, der Rausch der Technik.

Alle seine kriegerischen Erfindungen werden freilich weit in den Schatten gestellt durch seine Studien über das Fliegen (Tafel S. 223). Alle Erkenntnisse der Natur, alle Mühen, sie zu beherrschen, alles scheint ihm in diesem einen großen Ziel zusammenzufließen – fliegen zu können! Er, der zu seinen anatomischen Untersuchungen mehr als dreißig Leichen seziert und dabei bis in unsere Tage vorbildliche Übersichtstafeln von der Lage der Eingeweide, der Gefäße und Nerven gezeichnet hat, er untersucht nun mit der gleichen Gründlichkeit den Bau von Vögeln, Fledermäusen und Insekten, entwirft immer neue Modelle, die ihm die Mechanik des Fliegens klarmachen sollen. Er experimentiert mit diesen Modellen, er kennt bereits die Gesetzmäßigkeiten des Auffliegens gegen den Wind, er weiß, wie es zum Trudeln und zum Überschlagen kommt, er kann sogar genaue Anweisungen geben, wie man es machen muß, damit solche Unglücksfälle vermieden werden. Er überlegt, daß man Probeflüge zweckmäßig über dem Wasser veranstalten soll, weil hier der Flieger weniger leicht zu Schaden kommen kann, und er entwirft einen Schwimmgürtel für den ins Wasser gefallenen Flieger. Er denkt weiter: Er entwirft auch Fallschirme, die nicht anders aussehen als die heutigen. Und schließlich geht Leonardo an die Konstruktion von Flugzeugen. Zunächst erprobt er alle möglichen Arten des Antriebs mit Flügeln, die er mit Armen und Füßen, mit Pedalen und mit Kurbeln bewegen will. Dann kommt er auf die geniale Idee der Luftschraube, und eines seiner Modelle ähnelt durchaus einem Hubschrauber von heute; man darf getrost annehmen, daß dieses Modell, das er mit einem kräftigen Federzug antrieb, tatsächlich senkrecht in die Luft gestiegen ist. Und schließlich hat Leonardo selbst vielleicht den kühnen Vorstoß in die Luft gewagt; es könnte manches dafür sprechen, daß er mit einem Segelflugzeug einen Versuch gemacht hat. Eine geheim-

nisvolle Notiz auf dem Umschlag des Heftes mit seinen Aufzeichnungen über den Flug und das Fliegen lautet: «Es wird zum Fluge aufsteigen der große Vogel, vom Rücken des gewaltigen Schwanes, das Weltall mit Staunen, alle Schriften mit Ruhm erfüllend, ewiger Glanz dem Orte, der ihn gebar!» Dem Kundigen erscheint klar, was Leonardo meint: Bei Fiesole liegt der «Rücken des gewaltigen Schwans»; über 400 Meter hoch erhebt sich dort der kahle Hügelrücken des Monte Cecero, des Schwanenberges, über die weiten sanft geschwungenen Flächen der Toscana. Hier mag Leonardo seinen Flug gewagt haben. Wir haben freilich kein Zeugnis davon, wissen nicht, ob und wie er den Versuch angestellt und wie dieser ausgegangen ist. Seine Tagebücher, in denen er sonst auch die nebensächlichste Beobachtung notiert, schweigen, und nie wieder findet man in den Aufzeichnungen auch nur ein Wort vom Fliegen. Ist er abgestürzt? Ist der Flug doch nicht zustande gekommen? Oder ist es ihm geglückt und hat er von nun an eifersüchtig das größte Abenteuer seines Lebens, die grundlegendste Erkenntnis, den herrlichsten Glücksrausch als tiefstes Geheimnis gehütet? Wir wissen es nicht. Vielleicht ist es Legende, wenn Geronimo Cardano (1550) und Pierre Boaystuau (1558) berichten, «Vincius» habe vergeblich zu fliegen versucht. Aber noch heute knüpft sich an den Schwanenberg eine seltsame Sage: Eines Tages, vor langen langen Jahren, sei dort ein riesiger Vogel in die Lüfte gestiegen,



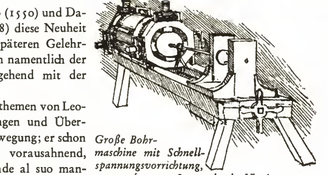
Leonardo da Vinci: Tretradantrieb für große Vierfacharmbrust

immer höher und höher, bis er schließlich verschwunden sei, als habe der ewig blaue Himmel Italiens ihn verschluckt ...

Der Traum vom Fliegen war nicht der einzige, den Leonardo geträumt hat. Immer wieder geht es ihm um das gleiche, um Erkenntnis, um Einsicht in die kleinen und großen Naturzusammenhänge, und dann, aus diesem Wissen heraus, um die Beherrschung der Naturvorgänge, darum, an die Stelle tierischer und menschlicher Muskelarbeit die Maschine treten zu lassen. Alle Augenblicke fällt ihm etwas Neues ein, und sofort schreibt er es nieder, sofort setzt er neben die in flüchtiger Spiegelschrift hingeworfenen Zeilen mit unfehlbarer Sicherheit die Zeichnungen, die den Gedanken ins anschauliche Bild umprägen. Was findet man alles auf diesen Blättern: Anatomische Studien an Mensch und Tier von unübertrefflicher Exaktheit. Wüste Grimassen und Fratzen, in denen sich vielleicht die ganze Menschenverachtung des zeit seines Lebens einsam Gebliebenen niedergeschlagen hat. Duftige Blumenstücke, liebevolle Beobachtungen der Wachstumsvorgänge der Pflanze, sorgfältigste Studien ihrer Blattstellung. Berechnungen über den Gang der Lichtstrahlen vom betrachteten Objekt zum Auge und im Auge selbst – grundlegende Überlegungen zur physiologischen Optik. Das Auge wirkt wie eine Camera obscura, eine Lochkammer, die allerdings keine Linse hat. Die Lochkamera war bereits den arabischen Physikern bekannt, und insbesondere Abu Ali Al-Hasan (Alhazen) hat sie theoretisch wie praktisch eingehend untersucht und nicht nur die Abbildung von Sonne und Mond, sondern auch von einer Wolke oder einem Vogel auf der Rückwand der Camera obscura besprochen. Leonardo hat dann die optischen Erscheinungen, die bei der Lochkamera zu beobachten sind, richtig erkannt und beschrieben. Im «Codex Atlanticus» findet sich folgende bemerkenswerte Stelle: «Die Erfahrung darüber, wie die Gegenstände ihre Bilder in das Auge senden, offenbart sich, wenn die Bilder der erleuchteten Gegenstände durch eine kleine runde Öffnung in einen sehr dunklen Raum eintreten. Du wirst alsdann diese Bilder auf weißem Papier, welches nicht weit von der Öffnung in dem gedachten Raum aufgestellt ist, auffangen und wirst alle die erwähnten Gegenstände auf diesem Papier mit ihren eigentümlichen Gestalten und Farben erblicken, aber sie werden kleiner sein und das oberste nach unten gekehrt ...» Daß das Bild in der Camera obscura umgekehrt wird, erwähnt Leonardo auch an einer anderen Stelle. Nur am Rande sei hier bemerkt, daß die Lochkamera sozusagen die Keimzelle zum photographischen Apparat ist. Giovanni Battista della Porta hat 1589 zum erstenmal die Camera obscura mit einer Konvexlinse anstatt des einfachen Loches zur Erzielung deutlicher Bilder genau angegeben und auch benutzt. Das war jedoch nicht seine Erfindung. Vor ihm haben schon

Geronimo Cardano (1550) und Daniele Barbaro (1568) diese Neuheit beschrieben. Von späteren Gelehrten beschäftigte sich namentlich der große Kepler eingehend mit der Lochkamera.

Eines der Hauptthemen von Leonardos Beobachtungen und Überlegungen ist die Bewegung; er schon schreibt, Galilei vorausahnend, «Ogno moto attende al suo mantenimento» – mit anderen Worten: Jeder ungestörte Massenpunkt bewegt sich gradlinig und gleichförmig! Er macht bereits Fallversuche, und aus den bei der Bewegung der Körper auftretenden Kräften, aus Stoß und Zug und Schwere läßt er immer neue Maschinen entstehen: Pumpen und Walzwerke, Windmesser und Bratenwender, Nadelschleifmaschinen und Gewindeschneider, Spinnmaschinen und Hafenbagger, Taucherglocken, Uhrwerke, eine Wasserschraube, eine «flandrische» Windmühle mit drehbarem Dach, Feilenhaumaschinen (diese Feilenhaumaschinen rund 200 Jahre vor ihrer «offiziellen» Erfindung durch den Franzosen du Verger!). Er entwirft kühn gewölbte Kuppeln. Er zeichnet die Gelenkkette genauso, wie sie heute noch als Fahrradkette üblich ist, aber als Erfindung des Franzosen Galle aus dem Jahre 1832 gilt! Er denkt bereits an zerlegbare Fertighäuser! Er entwirft das nach Cardano benannte Ringgehänge für den Kompaß, das diesen trotz aller Schwankungen des Schiffes stets in horizontaler Lage hält. Er zeichnet einen mit Federkraft angetriebenen, selbstfahrenden Wagen, der bereits ein richtiges Differential besitzt! Er plant große Unterseeboote, mit denen man ganze Flotten vernichten kann, zerreißt dann aber alle diese Zeichnungen, denn, so notiert er, die Menschen seien so bösartig, daß sie mit Hilfe dieser Unterwasserfahrzeuge «auch auf dem Grunde des Meeres noch morden würden».



Große Bohrmaschine mit Schnellspannungsvorrichtung, entworfen von Leonardo da Vinci

Erkenntnis – immer wieder ist es dieselbe Triebfeder seines Forschens: Er weiß bereits, daß die Abdrücke von Muscheln und Schnecken, die man hoch oben im Gebirge findet, nicht irgendwelche Spielereien einer formenden Lebenskraft sind oder Zeugen der Sintflut, sondern Reste ausgestorbener Tiere vergangener Erdepochen, und er weiß sogar, daß manche solcher Fossilien am Ort ihres Lebens versteinert sind, andere hingegen durch Wellen und Wasserströmung zusammengeschwemmt wurden. Und er errechnet, daß der Arno zweihunderttausend Jahre gebraucht hat, um sein heutiges Flußbett zu graben.

Auch zum Himmel hinauf geht sein Blick. «Il sole non si muove», schreibt er in sein Tagebuch: Die Sonne bewegt sich nicht, sondern die Erde, und er kommt so zu Überlegungen ganz ähnlich denen des Kopernikus, dessen revolutionierendes Werk erst ein Vierteljahrhundert nach Leonardos Tod erscheint. Ja, er geht noch weiter: Er weiß bereits, daß die Sterne Welten sind, weit größer, als sie zu sein scheinen, und daß auch die Sonne nur ein Stern ist, ein Stern unter unendlich vielen.

Es gibt kaum ein Problem, mit dem sich die Naturwissenschaft der letzten vier Jahrhunderte beschäftigt hat, das Leonardo nicht mit glücklicher Hand angepackt hätte. Selbst mit dem Dampf hat er schon experimentiert (s. Abb. S. 93): er wollte nicht nur Geschützkugeln mit gespanntem Dampf abschießen; sogar die Möglichkeit, Ballone durch erwärmte Luft zu heben, hat er erwogen. Allen Phantastereien aber ist und bleibt er abhold: «Oh, ihr Erforscher des Perpetuum mobile, wieviel eitle Pläne habt ihr geschaffen! Gesellt euch denen zu, die Gold machen wollen!» – so schreibt er schon zweieinhalb Jahrhunderte vor der Hochblüte der «Goldmacherei». Er kennt eben nur eines, Beobachtung und Versuch: «Mir scheint, es sei alles das Wissen eitel und voller Irrtümer, das nicht von der Sinneserfahrung, der Mutter aller Gewißheit, zur Welt gebracht wird und nicht im wahrgenommenen Versuch abschließt» und «Die Weisheit ist eine Tochter der Erfahrung; die Theorie ist der Hauptmann, die Praxis sind die Soldaten».

Leonardos Kenntnisse und Erfahrungen blieben aber so gut wie ungenutzt, und die meisten seiner Entdeckungen mußten noch einmal gemacht werden. Nur Geronimo Cardano (1501–1576) und Giovanni Battista Benedetti (1530–1590) haben möglicherweise aus seinem Nachlaß geschöpft. Leonardos so mannigfache Vorschläge für technisch schon sehr vollendete Spinn- und große, mechanisch angetriebene Tuchschermaschinen, für Walzwerke mit Turbinenantrieb und mit Wasserkraft betriebene Ziehbänke sind vermutlich nie in die Wirklichkeit umgesetzt worden. Sie blieben frühe, allzu frühe Meisterleistungen eines technischen Genies.

So steht er am Anfang der Neuzeit, Leonardo da Vinci, gleich groß als Künstler wie als Forscher, als Techniker wie als Denker. Es ist, als habe der Weltgeist an diesem einen Menschen zeigen wollen, welche Schönheit des Körpers, welchen Adel des Geistes, welche Überfülle der Leistungen in einem einzigen Vollkommenen vereinigt sein können. Aber dieser Genius, in dem alle künftige Entwicklung der Naturforschung und Technik gleichsam vorweggenommen ist, er ist ein Einsamer gewesen; mit behutsamer Hand hat der große Seelenforscher Sigmund Freud auch dieses Geheimnis seines Lebens gelüftet: Leonardo blieb ein Einsamer, weil ihm in der Jugend die Mutterliebe gefehlt hat, und all seine herr-

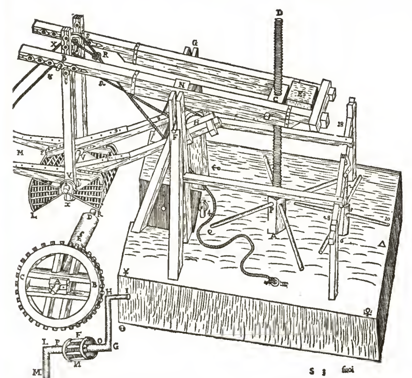
lichen Werke sind Ausdruck dieser ungestillten Sehnsucht nach dem Mütterlichen. Ein Einsamer aber war Leonardo auch in seinem Ringen um Erkenntnis, in seinem Rausch der Naturbeherrschung. Und er vielleicht hat schon geahnt, welche Schrecken die Technik in sich bergen kann, als er von einer Waffe schrieb, die Städte und Burgen und Menschen als «eine neue Zerstörung vom Himmel herab» vernichten würde. Aber derselbe Leonardo hat auch, als Vermächtnis gerade für unsere Zeit, die Heiligkeit alles Lebendigen beschworen: «Und du, o Mensch, der du durch diese meine Arbeit die wunderbaren Werke der Natur hast erkennen gelernt, überlege, wie verbrecherisch es ist, einem Menschen das Leben zu nehmen! Und wenn dir schon seine äußere Form wunderbar gebaut erscheint, so bedenke doch, daß diese nichts ist im Vergleich mit der Seele, die in diesem Gebäude wohnt. Denn diese, was sie auch immer sein mag, ist Gottes Sache. Wahrlich – wer das Leben nicht wertschätzt, verdient nicht, das Leben zu besitzen!»

In der Hochrenaissance setzten sich das neue Lebensgefühl, die neue Denkweise endgültig durch. Von Italien aus fanden sie Eingang in den Kulturgang Europas, in die bildende Kunst, in Literatur und Wissenschaft, und selbstverständlich machte sich die neue Zeit auch in der Technik bemerkbar. Schon in den Tagen Leonardos hatten die Mechaniker und Maschinenbauer nicht mehr allein empirisch nach Augenmaß «pröbelnd» und auf Grund ihrer manuellen Geschicklichkeit gearbeitet, sondern die Hilfsmittel genutzt, die ihnen Algebra und Geometrie boten. Die Bergleute des 16. Jahrhunderts zum Beispiel bauten zur Bewältigung der Grubenwässer große, wohlberechnete Pumpenanlagen in mehreren Stockwerken übereinander, weil die Praxis sie gelehrt hatte, daß die Hubhöhe der Saugpumpe eine Grenze hat. Eine einwandfreie Begründung dafür konnte allerdings erst Torricelli 1644 geben, als er zeigte, daß der Luftdruck einer Quecksilbersäule von 76 cm oder einer Wassersäule von etwa 10 m das Gleichgewicht hält. In wachsendem Maße ergibt sich eine Wechselwirkung zwischen den Erfahrungen und Entdeckungen in den exakten Wissenschaften auf der einen Seite, in den technischen Möglichkeiten und Bedürfnissen der jeweiligen Epoche auf der anderen; die Befruchtung war gegenseitig. Kein Geringerer als der eigentliche Begründer der modernen Naturforschung, Galileo Galilei (1564–1642), hat gesagt, daß ihm die Erfahrung der Maschinen- und Apparatebauer «oft den Kausalzusammenhang wunderbarer Erscheinungen eröffnete, die zuvor für unerklärbar und unglaublich gehalten wurden». Seit Galilei jedenfalls hat die Naturwissenschaft ihr festes Programm: «Messen, was meßbar ist, und meßbar machen, was (noch) nicht meßbar ist.»

Messen – das wird geradezu eine Leidenschaft, für die Forscher wie für die Techniker. Kein Wunder also, daß in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts neue Meßinstrumente aufkommen, die bei technischen Aufgaben von großem Nutzen werden, wie der verstellbare Proportionalzirkel, den Leonardo schon um 1495 skizziert hatte und den um 1565 Jacques Besson (s. unten) in der gleichen Form kennt. Der Nürnberger Goldschmied Wenzel Jamnitzer hat diesen «vierfüßigen Zirkel», wie er ihn nennt, um 1560 gezeichnet. Als weiteres Beispiel sei das Lineal mit Bussole genannt, die Renaissanceverzierungen im Stil der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts trug und sich in der berühmten Instrumentensammlung des Mathematisch-Physikalischen Salons ins Dresden befand.

Im Laufe des 16. Jahrhunderts geschieht beim Ingenieurwesen etwas für die weitere Entwicklung Entscheidendes: der Maschinenbau trennt sich völlig von der Kriegstechnik. Vanoccio Biringuccios Buch «Della Pirotechnia», 1540 in Venedig erschienen, ist das erste technische Werk, das von den Kriegswissenschaften unabhängig ist (s. S. 78 u. 110). Die Reihe der großen technischen Lehrbücher und Kupferstichwerke über Maschinenbau eröffnete Jacques Besson († 1569), Ingenieur des Königs von Frankreich und in diesem Amt wahrscheinlich Nachfolger Leonardo da Vincis. Sein um 1565 geschriebenes, mit 60 blattgroßen, zum Teil von René Boyvin gestochenen Kupfertafeln verziertes Maschinenbuch «Théâtre des Instruments» erschien 1578 zu Lyon und 1595 in deutscher Übersetzung. Wenn der jugendliche Herausgeber dieses posthumen Druckes in der Vorrede behauptet, daß alle darin beschriebenen und abgebildeten Maschinen von Besson erfunden oder wenigstens verbessert worden seien, so trifft das keineswegs zu. Bessons Werk enthält eine Fülle von Beschreibungen maschineller Vorrichtungen, die sicherlich teilweise auch in der Praxis Anwendung gefunden haben: Bagger, Hebezeuge, Rammen, eine Wäschemangel mit Pferdegöpelantrieb, Pumpwerke, eine Feuerspritze mit Federkolben, Polier- und Schleifmaschinen, einen Baukran, eine Förderkette und eine bemerkenswerte Drehbank mit Schnurantrieb zum Schneiden von Schrauben, die als Vorläufer der an die 100 Jahre später von Spaichel zu Nürnberg erfundenen Leitspindeldrehbank angesehen werden kann. Auch die Entwürfe eines Seilpfluges mit Handhaspel und einer Wasser- sowie einer Windturbine sind von Bedeutung. Besson verwendete, wie schon Leonardo, schwere Schwungpendel als Gangregler an Maschinen, also bereits lange Zeit, bevor die Pendeluhr erfunden worden ist.

Das umfangreichste und schönste technische Kupfertafelwerk jener Zeit: «Le diverse e artificiose machine. Composite in lingua Italiana et Francese» stammt von Agostino Ramelli (1531–1590), der Kriegsingenieur bei



Die ganze Freude der Renaissance-Techniker an mechanischen Konstruktionen spricht aus diesem Bagger aus Lorinis «Delle fortificationi» von 1597

König Heinrich III. von Frankreich war. Es erschien 1588 in Paris und war mit 195 ganz- und doppelseitigen Kupfertafeln ausgestattet, die Jean de Gourmont zugeschrieben werden. Eine deutsche Übersetzung des Prachtwerks, das die bildlichen Darstellungen in Radierungen von Andreas Bretschneider wiedergibt, kam 1620 bei Hennig Groß in Leipzig heraus. Ramellis Maschinenentwürfe zeichnen sich gegenüber denen Bessons durch größere Kompliziertheit aus. Er nennt sie selbst «mathematische Demonstrationen». Es kam ihm also nicht so sehr darauf an, ob sie auch praktisch ausführbar oder brauchbar waren, er schrieb vielmehr sein Werk für reiche Liebhaber der Mechanik. Immerhin liegen diesen Maschinenentwürfen gründliche Fachkenntnisse zugrunde; ja, es spiegelt sich darin das kinematische Wissen der Leonardo-Schule wider, die ihm durch den Feldherrn Marchese di Marignano vermittelt worden sind, in dessen Diensten Ramelli zeitweilig gestanden hat.

Unter den mannigfachen Konstruktionen, Bewegungsmechanismen und

Arbeitsmaschinen Ramellis finden sich einige bemerkenswerte Einzelheiten. Da sind Treträder und Pferdegöpel, Wasser- und Windräder als Antriebsmaschinen dargestellt. Ein Kupferstichblatt zeigt den Entwurf einer Seilbahn zum Ausheben eines Festungsgrabens; kleine Wagen laufen auf Holzgleisen die schräge Böschung des Grabens abwechselnd hinauf und hinab. Das Seil ist um eine Trommel geschlungen, die durch einen Göpel bewegt wird: es handelt sich also gewissermaßen um eine Bergseilbahn in kleinem Maßstab. Ein anderes Mal verwendet Ramelli die über ein Kettenrad gehängte endlose Kette zur Übertragung einer kontinuierlich drehenden Bewegung oder Zahnradgetriebe in verschiedenen Anordnungen. Er zeichnet die verschiedensten Arten von Pumpen, Brunnen, Mühlen (auch eine Windmühle mit drehbarem Dach), Hebezeuge, Steinsägen, Bagger, Gebläse, allerdings auch Belagerungs- und sonstige Kriegsmaschinen. Ramellis Werk blieb bis ins 17. Jahrhundert unerreicht in der Mannigfaltigkeit und in der Wiedergabe der Einzelheiten der Maschinenelemente.

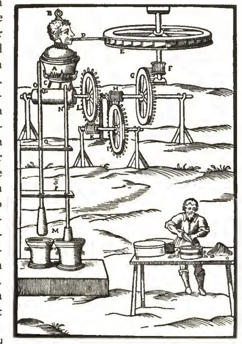
Das dritte große Maschinenbuch, dessen Entstehung in diese Zeitspanne fällt, ist das Werk des aus Mantua gebürtigen Jacopo de Strada a Roßberg († 1588), der als «Hofbaumeister und Antiquarius» unter den Kaisern Maximilian II. und Rudolf II. in Wien und später in Prag tätig war. Von ihm stammt ein Kupferstichwerk mit 100 Tafeln, das sein Enkel Octavio de Strada mit kurzen Beschreibungen von Benjamin Bramer in zwei Teilen 1617/18 zu Frankfurt a. M. herausgegeben hat: «Kunstliche Abriß allerhand Wasser- Wind- Roß- vnd Handt- Mühlen, beneben schönen vnd nützlichen Pompen ...» Gleichzeitig erschien eine französische Ausgabe. Eine Neuausgabe von 1629 enthält 112 Kupfertafeln, von Balthasar Schwan und Eberhard Kieser gestochen. Sie wurden dann 1661 fast alle von G. A. Böckler in sein «Theatrum Machinarum Novum» übernommen.

Die Maschinenzeichnungen zu Stradas Buch sind etwa 1575–1580 in Mantua entstanden und somit von Ramelli unabhängig; sie reichen freilich an Wert nicht an dessen Werk heran und bieten ihm gegenüber auch nicht viel Neues. Erwähnt seien die Seiltransmission zum Antrieb eines großen Schleifsteins, wie sie schon Cardano 1550 zum Bohren und Schneiden von Gemmen kannte, und eine Bockwindmühle mit drehbarem Dach. Mehrfach kommt bei Strada auch die Transmissionsanlage vor, also der gleichzeitige Betrieb mehrerer Arbeitsmaschinen durch eine Antriebskraft. So sehen wir zwei Becherwerke und eine zweistieflige Pumpe, die durch ein unterschlächtiges Wasserrad angetrieben werden. Zur Zeit Agricolas (s. S. 111) waren solche Anlagen noch selten. Strada zeichnet außerdem neben manch anderem auch einen Schwanzhammer mit Wasserradantrieb

in einer Schmiedewerkstatt, eine ebenso betriebene Hammerwalke für Tuchmacher sowie ein waagerecht laufendes Löffelrad. Viele seiner Entwürfe sind, wie wir annehmen dürfen, auch wirklich in die Praxis umgesetzt worden.

Ein weiteres Buch über Maschinenbau stammt von Vittorio Zonca, Baumeister von Padua. Es erschien 1607, fünf Jahre nach Zoncas Tode, in Padua unter dem Titel «Novo Teatro di Machine» und erlebte mehrere Auflagen. Unter den 42 Kupferstichen sind die Darstellungen und Beschreibungen von zwei durch Wasserkraft betriebenen Seidenzwirnmaschinen bemerkenswert, an denen man schon alle noch heute für derartige Maschinen grundsätzlichen Teile finden kann. Zonca zeichnete auch eine Kammerschleuse, wie sie nach seiner Aussage damals schon im Betrieb war.

Etwas jünger ist ein interessantes Maschinenbuch von Fausto Veranzio «Machinae novae», das mit viersprachigem Text und 49 schönen Kupferstichen ohne Jahresangabe in Venedig erschienen ist; als Erscheinungsjahr kann 1616 gelten. Veranzio war kein Italiener. Er wurde 1551 zu Sebenico in Dalmatien geboren und stammt aus der Familie der Verančic. 1598 wurde er zum Bischof von Czanad ernannt, in seinen späteren Jahren lebte er in Italien. Veranzio war also kein Techniker; sein Buch zeichnet sich jedoch durch originelle technische Gedanken aus. Wenn er allerdings die Anlage einer Flutmühle zeichnete, so hatte er darin in dem italienischen Ingenieur Jacopo Mariano (1438) bereits einen Vorgänger. Veranzio gibt Windturbinen an, eine Seilschwebebahn, die Seilschiffahrt, den Fallschirm und anderes mehr. Alle diese Ideen sind freilich erst viel später verwirklicht worden.



Brancas «Püsterich» – eine Vorahnung der Dampfturbine

Von dem Ingenieur und Architekten Giovanni Branca

stammt das Buch «Le machine» mit 77 ganzseitigen Holzschnitten (1629); die Darstellungen erscheinen allerdings nicht immer sehr wirklichkeitsnah. Seine Warmluftturbine mit Zahnradgetriebe zum Beispiel, die für den Betrieb eines Münzwalzwerks gedacht ist, war praktisch wertlos. Das gleiche gilt mehr oder weniger auch von seiner Dampfstrahlturbine, bei der ein Dampfstrahl eine Turbine und dann mit Hilfe eines Zahnradgetriebes das Stampfwerk einer Pulvermühle antreiben soll. Ob Brancas Windradwagen hätte laufen können, mag ebenfalls zweifelhaft erscheinen, namentlich angesichts der schlechten Straßenverhältnisse jener Zeit. Dagegen fuhr der Segelwagen des niederländischen Mathematikers Simon Stevin im Jahre 1599 mit dem Prinzen Moritz von Oranien, der das Gefährt in Auftrag gegeben hatte, bei gutem Wind am Meeresstrand 34 Kilometer in der Stunde.

Schlägel und Eisen

Wie weit im Laufe des 16. Jahrhunderts die Entwicklung der Antriebs- und Arbeitsmaschinen in der Praxis gediehen war, läßt sich am besten im Bergbau und Hüttenwesen verfolgen. Denn die über diesen wichtigen Zweig der Technik damals erscheinenden Lehrbücher dienten nicht der Darstellung mechanischer Spielereien oder niemals in die Wirklichkeit umzusetzender Phantasiekonstruktionen, sondern einzig und allein dem wirklichen Bedürfnis der Praktiker, und sie stützten sich auf echte Erfahrung. Über die bergbauliche Technik des ausgehenden Mittelalters ist im einzelnen noch wenig bekannt, doch kann man mit guten Gründen annehmen, daß schon im 15. Jahrhundert der deutsche Bergbau eine führende Stellung errungen hatte.

In denselben waldbedeckten Gebirgen Mitteldeutschlands, in denen sich noch bis in unsere Tage Sagen, Märchen und Lieder von schatzhütenden Zwergen und gesteinschürfenden Venediger-Männlein, von schimmernden Gold- und Silberhorten in Höhlen und Gängen des Gesteins lebendig erhalten haben, in denselben deutschen Mittelgebirgen, in denen heute um der Atombombe willen nach Uran geschürft wird, blühte im Mittelalter ein hochentwickelter Bergbau. Uralt war seine Tradition. Mit Hauwerkzeugen aus Hirschhorn und Feuerstein hatten die ältesten Bergleute schon in der Mittleren Steinzeit, an die zehn Jahrtausende vor Christus, am Lousberg im Norden von Aachen und auf Rügen unverwitterten Feuerstein aus den Kreideschichten gebrochen, und am Mitterberg bei Salzburg wurde in der Bronzezeit, um 2000 v. Chr., Kupfer in Tag- und Tiefbau gewonnen.

Im Siegerland, wo um 400 v. Chr. Germanen den von den vertriebenen Kelten schon in prähistorischer Zeit begonnenen Abbau der Eisenerzlagerstätten fortgeführt hatten, blieb der Bergwerksbetrieb von der Völkerwanderung unberührt und ohne Störung. Da er auf eine ununterbrochene bergmännische Tradition von nahezu 2400 Jahren zurückblicken kann, darf man ihn wohl als den ältesten noch bestehenden Bergbau in Europa ansehen. In der Evangelienharmonie des Mönchs Otfried von Weißenburg finden sich in einem aus der Zeit um 863–872 stammenden Loblied auf die Franken, die ja das Siegerland besiedelten, folgende Verse:

Zu Nutzen gräbt man auch da
Erz und Kupfer,
Auch dazu, merke dir,
Eisenstein.
Und dazu füge
Silber genug,
Auch lesen sie dort im Lande
Gold in ihrem Sande.

Siegerländer Bergleute waren es vermutlich, die die Silbererz-Lagerstätten am Rammelsberg im Harz unter dem letzten König aus fränkischem Stamme, Konrad I. (911–918), auszubeuten begannen. Auch der auf vorgeschichtliche Zeit zurückgehende Bergbau auf dem Erzberg in Steiermark soll zuerst von Knappen aus dem Siegerland wieder in Angriff genommen worden sein. Den Bergbau in Mitteldeutschland haben merowingische und karolingische Franken ins Leben gerufen. Die reichen Erzlagerstätten des siebenbürgischen Erzgebirges wurden im 13. Jahrhundert von Bergleuten aus Oberösterreich erschlossen. In Bayern ist der älteste Bergbau in Amberg bezeugt (930); 970 beginnt der Mansfelder und um 1200 der Oberharzer Bergbau und die Förderung der Silbererze Sachsens.

Bis zur Entdeckung der Neuen Welt war Deutschland das metallreichste Land; Karl V. nannte im Jahre 1525 die Bergwerke «die größte Gabe und Nutzbarkeit, die der Allmächtige dem deutschen Lande gegeben hat», und die Fugger und Welser verdankten ihren märchenhaften Reichtum nicht zuletzt den deutschen Erzgruben. Blei gewann man in der Eifel, Zink im Erzgebirge, Gold in Böhmen und Mähren, Salzburg und Kärnten, Kupfer in Tirol und in Schlesien, Eisen in der Steiermark, im Sieger- und Sauerland, im Harz, in Thüringen und im Fichtelgebirge.

Seit dem 15. Jahrhundert sind «Schlägel und Eisen» die Wahrzeichen der deutschen Bergknappen, die in zünftig-streng geordneter Gemeinschaft das Wissen vom Berg und seinen Schätzen hüten. Was bei ihnen von Gene-

ration zu Generation an Kenntnissen und Kunstfertigkeiten weitergegeben wurde, was namenlos gebliebene Erfinder geschaffen hatten, war lange Zeit sorgfältig gewahrtes Geheimnis. Erst im 16. Jahrhundert tritt das hohe Können der Bergmeister und Steiger, der Grubenzimmerer und Hauer, der Anschläger und Förderleute, der Schlepper und Erzpocher, der Wäscher und Schmelzer in jenen Büchern ans Licht, von denen wir noch ausführlich zu reden haben werden, vor allem aber in jenem Werk «De re metallica libri XII», in dem Georgius Agricola, Stadtphysikus und Bürgermeister zu Chemnitz in Sachsen, eine erschöpfende Schilderung des Bergwesens seiner Zeit gibt (s. S. 111).

Auch ins Ausland wanderten deutsche Bergleute schon sehr früh. «Der Ruf der Kunstfertigkeit der deutschen Knappen war im Mittelalter ein so großer», sagt Otto Hue, «daß sich auch ausländische Regenten um die Anwerbung dieser Kulturpioniere bemühten. 1452 zog König Heinrich VI. Bergleute aus Sachsen, Böhmen, Österreich und Ungarn nach England, gewährte ihnen die herkömmlichen Bergfreiheiten nach deutschem Gewohnheitsrecht. 1413, 1455 und 1467 erließen französische Könige Patente, in denen Bergleuten aus Deutschland, dem heutigen Belgien (Lüttich) und Spanien ähnliche Vorrechte eingeräumt wurden.» Auch Schwedens Industrie und Bergbau wurde durch deutsche Arbeiter, «Kunstknechte», schon unter Gustav Wasa (1523–1560), besonders aber unter Karl IX. (1604–1611), neu belebt. Die Deutschen wirkten dort vor allem als Bergmeister oder in noch höheren leitenden Stellungen.

Besonders gut ist die Tätigkeit deutscher Bergleute in England bekannt. 1545 begann der Augsburger Kaufmann Joachim Höchstetter Beziehungen zu England zu pflegen und machte König Heinrich VIII. das Anerbieten, mit deutschen Kaufleuten und deutschen Bergknappen den bis dahin unbedeutenden englischen Bergbau weiterzuentwickeln. Der König ernannte Höchstetter zum «Oberaufseher und Meister aller Bergwerke in England und Irland» und erteilte einer Gesellschaft, an deren Spitze Höchstetter stand, das Privileg, 43 Jahre lang in Schottland nach Gold und Silber zu graben. Wie weit dieser Plan gediehen ist, weiß man nicht. Aber 1564 trat die Augsburger Handelsgesellschaft Anton Haug, Hans Langenauer und Mitverwandte in das englische Bergwerksunternehmen ein. Unter der Regierung der Königin Elisabeth wurde die «Königliche Bergwerks-Gesellschaft» 1565 endgültig konstituiert. Haugs Londoner Vertreter war Daniel Höchstetter, ein Sohn des Joachim. Der Vertrag ermächtigte die Gesellschaft, «alle Arten von Bergwerken zu betreiben und Erze und Gold, Silber, Kupfer, Quecksilber in den Grafschaften York, Lancaster, Cumberland, Westmoreland, Cornwall, Devon, Gloucester, Worcester und in Wales zu suchen, zu graben, zu probieren, zu rösten und

zu schmelzen». Viele deutsche Bergleute, vornehmlich aus Tirol, kamen so nach England, aber auch Zimmerleute und Schmiede. Daniel Höchstetter wirkte trotz wachsender Schwierigkeiten bis zu seinem Tode 1581 weiter. Mit den englischen Bürgerkriegen war dann der Untergang der Gesellschaft besiegelt, ebenso wie die deutsche Hanse, die seit 1266 neben vielem anderen auch deutschen Stahl nach dem Inselreich importiert hatte, mit immer größeren Schwierigkeiten kämpfen mußte, bis ihr Londoner «Stahlhof» im Jahre 1597 geschlossen wurde.

Die Technik des Bergbaus hatte primitiv angefangen: Das durch die Hitze des «Feuersetzens» gelockerte Gestein (noch wurde ja nur Erz, keine Kohle gefördert) wurde von den Knappen mit Schlägel und Eisen abgebaut, das gewonnene Erz mit Menschenkraft abgetragen und in Körben mit einfachen Handhaspeln zu Tage gefördert; rohe Leitergänge – «Fahrten» – führten von Sohle zu Sohle. Langsam nur kamen Antriebsmaschinen für die Förderung und die Pumpen in Gebrauch, die das Wasser aus den Schächten holten. Seit mindestens 1495 wird der Pferdegöpel verwendet, denn ungefähr in diesem Jahr wird erstmalig eine Abbildung des Roßgöpels auf der Titelminiatur des «Kuttenberger Graduale» wiedergegeben.

Eine frühe Darstellung von 1521 findet sich auf einem Flügelaltarbild in der Kirche von Annaberg im Erzgebirge. Auch die Wasserkraft, die bereits im 14. und 15. Jahrhundert weitgehend genutzt wurde, etwa zum Betrieb von Gebläsen oder bei Schleifkotten, wird immer mehr herangezogen. Noch heute zeugen im Oberharz hoch aufgestaute Teiche und viele Kilometer lange Wasserführungen von dem hohen Können der Bergleute des ausgehenden Mittelalters, die dem fließenden Wasser die lebendige Kraft zum Antrieb ihrer Schritt für Schritt sich vervollkommnenden Maschinen abzugewinnen verstanden. Im Jahre 1512 erfand Sigismund von Maltitz im sächsischen Dippoldiswalde das Naßpochwerk zum Zerkleinern des Erzes, das alsbald beim Zinnbergbau in Altenberg verwendet wurde; dafür erhielt er ein sächsisches Privileg. Die «Kunstgezeuge», also größere Wasserhaltungsmaschinenanlagen, wie sie dann 1556 bei Georg Agricola (s. S. 110) in reicher Mannigfaltigkeit anzutreffen sind, kamen erst gegen Ende des 15. Jahrhunderts im Bergbau auf, weil die Notwendigkeit bestand, die erzführenden Gänge größerer Tiefen aufzusuchen und abzubauen. Daß der Kupferhüttenprozeß, wie ihn um 1500 Rülein von Kalbe (Calw), Lazarus Ercker (1574) und G. E. v. Löhneyss (1617) beschreiben, schon gegen Ende des 15. Jahrhunderts genauso betrieben wurde wie später, zeigen zwei Abbildungen im sogenannten «Mittelalterlichen Hausbuch», das um 1480 in Westdeutschland entstanden ist. Darin sind zwei niedrige Schachtöfen und ein Treibofen in Tätigkeit dargestellt; am Treib-

ofen kann man zwei von Hand betriebene Blasbälge erkennen. Die Fortentwicklung der metallurgischen Öfen zum Schmelzen des Erzes bestand zunächst nur darin, daß man die Abmessungen vergrößerte. Die alten Hochöfen von 5 bis 6 m Höhe, die zuerst in der Rheingegend Verbreitung fanden, waren im Prinzip von den Stück- und Blau-(Blas-)Öfen nicht verschieden. 1588 wurde in Freiberg (Erzgebirge) der Halbhochofen durch Barthel Köhler, den Erneuerer des Silberhüttenwesens, eingeführt.

Ein nutzlich bergbuchley



Titelholzschnitt des ältesten Lehrbuchs für den Bergbau (um 1505)

Unter den Lehrbüchern des Bergbaues, die wichtig sind, weil sie uns eine gute Kenntnis vor allem vom Stand der technischen Mechanik vermitteln, ist als erstes das Schriftchen des Freiberger Stadtarztes und Bürgermeisters Ulrich Rülein von Kalbe († um 1523) zu nennen: «Ein nutzlich Bergbuchley(n)», das ohne Datierung zunächst wahrscheinlich in Leipzig und dann 1505 in Augsburg gedruckt worden ist. Es ist als Handbüchlein für den jungen Bergknappen gedacht; in gedrängter Form soll es ihn über alle bergbaulich wichtigen Fragen unterrichten. Eine Anzahl einfacher Holzschnitte dienen der Erläuterung; erstmals wird hier der Bergkompaß gezeigt. Der Titelholzschnitt zeigt oben zwei Bergleute an einem Förderkorb mit Haspel, unten einen Knappen bei der Arbeit im Stollen. Ergänzt wird diese Schrift durch die «Probirbüchlein» (zuerst 1518), in denen die Erfahrungen über das Prüfen und Scheiden der Metalle niedergelegt sind.

Was in diesen kleinen deutschen Schriften nur umrißhaft dargelegt ist, das behandelt im Jahre 1540 in Italien Vannoccio Biringuccio aus Siena (1480–1539) in seiner «Pirotechnia», die mit 82 guten Holzschnitten illustriert ist, ganz ausführlich. Der Wert dieses ersten größeren technischen Lehrbuchs liegt nicht etwa darin, daß es durchweg Neuerungen vermittelt, sondern vielmehr in der eingehenden und auf praktischer Erfahrung fußenden Beschreibung der Verfahren und technischen Hilfsmittel so, wie sie damals in Gebrauch waren. Biringuccio hat seine Kenntnisse nicht nur in Italien erworben, sondern insbesondere auch durch Studienreisen im Ausland, die ihn 1507 und 1526–1529 auch in deutsche Bergwerksbetriebe, etwa nach Schwaz in Tirol, führten. Selbstverständlich kannte er auch die bis dahin erschienene Fachliteratur, wie Georg Agricolas Erst-

lingswerk «Bermannus» von 1530 (s. S. 112), das aber nur dem zugänglich war, der die lateinische Sprache beherrschte. In der Gliederung des Stoffes schließt sich die «Pirotechnia» an die kriegstechnischen Handschriften des ausgehenden Mittelalters an; sie ist aber als Übergang von der mittelalterlichen Literatur zum klassischen Werk Agricolas, zur humanistischen Schreib- und Denkweise zu werten und als erste planmäßige Darstellung der gesamten Metallurgie anzusehen. Insbesondere für die Gießtechnik ist das Buch grundlegend gewesen; es behandelt aber auch das gesamte Berg- und Hüttenwesen und das Artilleriewesen besonders ausführlich, ferner die Bearbeitung der Metalle und schließlich die Feuerwerkerei.

Die Wasserkraft verwendet Biringuccio ausgiebig. Eine der bemerkenswertesten Konstruktionen, die er beschreibt, ist die Transmissionsanlage, die er selbst im Tale von Boccheggiano geschaffen hat: den gleichzeitigen Antrieb mehrerer Werkzeugmaschinen durch ein einziges Wasserrad. Etwas Ähnliches finden wir bei Strada (s. S. 104).

Das wichtigste und grundlegende bergbautechnische Werk jedoch, das noch über zwei Jahrhunderte als Lehrbuch unübertroffen und maßgebend blieb, ist Georg Agricolas «De re metallica libri XII» von 1556.

Der Werdegang des Georgius Agricola – der eigentlich schlicht und einfach Georg Bauer hieß – ist für die Zeit und für den Menschen ebenso charakteristisch wie sein Werk, das in seiner Vereinigung klassischer und medizinisch-naturwissenschaftlicher Bildung mit ausgezeichneter Beobachtungsgabe und Darstellungskraft Agricola als einen der bedeutendsten Vertreter des deutschen Humanismus erscheinen läßt.

Georg Bauer – seinen Namen hat er später nach der Sitte der Zeit in Georgius Agricola latinisiert – wurde am 24. März 1494 zu Glauchau in Sachsen geboren. Schon frühzeitig kommt er auf die damals hochberühmte Lateinschule in Zwickau, und mit zwanzig Jahren besuchte er die Leipziger Universität. Hier wird einer der Großen jener Zeit, der mit Luther und Erasmus, Hutten und Reuchlin befreundete Petrus Mosellanus, sein Lehrer und später, als aus dem Studenten ein ungewöhnlich tüchtiger Humanist geworden ist, sein Freund. Im Jahre 1518 geht Agricola als Lehrer des Lateinischen und des damals noch nur von wenigen beherrschten Griechischen an die Zwickauer Stadtschule. Zwei Jahre später schreibt er sein erstes Buch, eine Grammatik, und wird, fünfundzwanzig Jahre alt, Rektor in Zwickau. Bald danach aber kehrte er in seine Universitätsstadt zurück, wohin ihn Mosellanus als seinen Assistenten beruft. Dem Streben nach Universalität, das die Zeit beherrscht – «Zwar weiß ich viel, doch möcht' ich alles wissen» – kann sich auch der nun schon als vorzüglicher Kenner der alten Sprachen angesehene junge Gelehrte nicht entziehen. Nach des Mosellanus' Tode, im Jahre 1523 oder zu Anfang des nächsten, geht er

nach Basel und von dort nach Italien. Er studiert in Padua, Bologna und Ferrara, was immer er studieren kann, Sprachen, Philosophie, Medizin, Naturwissenschaften; zwei Jahre lang ist er Lektor in der weltberühmten Offizin des Druckers Aldus Manutius in Venedig, und in Ferrara erwirbt er schließlich den medizinischen Doktorgrad.

Im Jahre 1527 kehrt Agricola nach Deutschland zurück; er selbst schreibt über diese Zeit: «Als ich aus Italien zurückkam, lag mir nichts mehr am Herzen, als mich ins Erzgebirge zu begeben, dem silberreichsten Gebiet in ganz Europa. Und kaum war ich dort angelangt, als ich auch schon vor Begierde brannte, das Bergwesen kennenzulernen, weil ich fast alles über meine Erwartungen fand. Ein Jahr später ließ ich mich auf Anraten meiner Freunde, die viel über mich vermochten, in Joachimsthal als Arzt nieder.» Erst elf Jahre war diese Stadt alt, als Agricola dort Arzt wurde. Ein wahres Silberfieber ließ damals die Menschen nach Joachimsthal strömen, wie Jahrhunderte später der Goldrausch die Massen nach dem Wilden Westen und nach Clondyke trieb. Achttausend Bergknappen arbeiten hier unter achthundert Steigern und vierhundert Schichtmeistern, und der Arzt Agricola hat alle Hände voll zu tun. Aber es genügt ihm nicht, Kranke zu heilen und vom Steinschlag Verletzten zu helfen. Von den Heilkräften der Mineralien kommt er zur Gesteinskunde, zur Geologie, zur Technik des Bergbaues, und diese Liebhaberei läßt ihn nicht mehr los. Immer tiefer dringt er in die Berufsgeheimnisse der Bergleute und der Kunstmeister ein; was die Klassiker des Altertums in ihren Folianten von Gesteinen und vom Bergbau geschrieben, trägt er ebenso sorgfältig zusammen wie das, was ihm die Knappen erzählen und zeigen. Erste Frucht dieser Studien ist das im Jahre 1527 geschriebene und drei Jahre später von dem großen Drucker Froben in Basel verlegte Buch «Bermannus sive de re metallica dialogus», das seinen Namen von dem Freunde Agricolas, dem Hüttenschreiber Berman, trägt.

Der «Bermannus» und einige andere Schriften mineralogisch-geologischer Art machen Agricola in aller Welt bekannt. Als er anfangs der dreißiger Jahre nach Chemnitz übersiedelte, wo er bald Stadtarzt, Landeshistoriograph und mehrmals sogar Bürgermeister wird, gilt er bereits als der große Kenner der Gesteine. In Chemnitz entsteht nun auch das Werk, das Agricola unsterblich gemacht hat, die «Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen». Im Jahre 1550 hat er das Manuskript nach zwanzigjähriger Arbeit vollendet; den Druck hat Georg Agricola nicht mehr selbst erleben dürfen, denn am 21. November 1555 ist er gestorben. Im März 1556 erschien sein Buch in lateinischer Sprache bei Froben in Basel, 502 Folioseiten stark, mit 273 wundervollen Holzschnitten. 62 dieser Holzschnitte stammen von Hans Rudolf Manuel, genannt Deutsch. Sie sind



Aus Agricolas großem Werk «De re metallica»: Schacht und Stollenbetrieb im Bergbau des 16. Jahrhunderts

wahrscheinlich nach Zeichnungen von Basilius Wefring angefertigt. Im Jahre 1557 folgte die erste deutsche Ausgabe von Philipp Bechius unter dem Titel «Vom Bergwerck». Im Jahre 1928 hat das Deutsche Museum in München eine schöne Neuausgabe dieses Standardwerks der Technikgeschichte veranstaltet, das von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis an die Grenze des 18. Jahrhunderts nicht seinesgleichen hat.

«Da noch kein Schriftsteller das Bergwesen vollständig beschrieben hat, so habe ich diese 12 Bücher verfaßt. Deren erstes enthält das, was gegen die Kunst und gegen die Bergwerke von ihren Gegnern gesagt werden kann; das zweite unterrichtet den Bergmann darüber, wie er sein soll, das dritte handelt von Gängen und Klüften und von ihren Verwerfungen. Das vierte setzt auseinander, wie man das Streichen und Fallen der Gänge bestimmt und bespricht die Ämter der Bergleute. Das fünfte Buch zeigt das Hauen der Gänge und die Kunst des Markscheidens. Das sechste beschreibt die bergbaulichen Werkzeuge und Maschinen. Das siebente handelt vom Probieren der Erze, das achte belehrt darüber, wie das Erz gebrannt, zerkleinert, gewaschen und geröstet wird. Das neunte setzt die Art des Schmelzens der Erze auseinander, das zehnte unterrichtet die Bergbautreibenden darüber, wie Silber von Gold, und Blei von diesem und vom Silber geschieden wird. Das elfte zeigt die Wege, wie Silber vom Kupfer zu scheiden ist. Das zwölfte Buch endlich gibt Vorschriften, wie Salz, Natron, Alaun, Vitriol, Schwefel, Bergwachs und Glas zu bereiten sind.» Mit diesen Worten hat Agricola selbst den Inhalt seines Buches zusammengefaßt, das zur Grundlage aller späteren Entwicklung des Bergbaues und des Hüttenwesens geworden ist. Aber nicht nur die Techniker verehren Agricola als den «Künder der großen Leistungen der deutschen Technik, als hervorragenden Forscher und Darsteller mittelalterlichen Berg- und Hüttenwesens» und als den «Vater des Bergbaus», auch die reine Wissenschaft sieht in ihm den Begründer der Mineralogie. Die schönste Anerkennung hat des Agricola Wirken und Werk in Goethes Sätzen aus der «Farbenlehre» gefunden: «Gebirge, aufgeschlossen durch Bergbau, bedeutende Naturprodukte, roh aufgesucht, gewältigt, behandelt, bearbeitet, gesondert, gereinigt und menschlichen Zwecken unterworfen: Dieses war es, was Agricola als einen Dritten, denn er lebte im Gebirge als Bergarzt, höchlich interessierte, indem er selbst eine tüchtige und wohl um sich herschauende Natur war, dabei Kenner des Altertums, gebildet durch die alte Sprache, sich bequem und anmutig darin ausdrückend. So bewundern wir ihn noch jetzt in seinen Werken, welche den ganzen Kreis des alten und neuen Bergbaues, alter und neuer Erz- und Steinkunde umfassen und uns als ein köstliches Geschenk vorliegen.»

In Agricolas monumentalem Werk finden sich viele Beschreibungen

und fast durchweg ausgezeichnete Abbildungen (Tafel S. 54) von Antriebs- und Arbeitsmaschinen, von Paternosterwerken und Pumpen, von Wasserhaltungs- und Bewetterungsanlagen, von Pochwerken, Schmelzöfen, Herden, Schmelz- und Probierverfahren – Agricola hat in der Tat ein wahrhaft erschöpfendes Handbuch geschaffen. Dies war ihm um so eher möglich, als er ja im Mittelpunkt des deutschen Bergwerkbetriebes saß, der, wie Biringuccio sagte, damals «unter allen Völkern der Christenheit in Deutschland am meisten blühte und gepflegt wurde».

Für die Technikhistorie am wichtigsten ist das 6. Buch in Agricolas Werk, denn es behandelt die bergmännischen Werkzeuge und Maschinen. Im allgemeinen wird Holz als Werkstoff verwendet, aber da, wo erforderlich, auch Metall; Achsen, Schubstangen, Zahnräder, Antifriktionsrollen, Maschinengestelle und andere Maschinenteile sind aus Eisen oder Stahl. Die Grubenwagen, die «Hunde», werden auf hölzernen Geleisen fortbewegt, wie es auch schon in den Jahrzehnten vor Agricola üblich war und um 1535–1538 bezeugt ist. Aus dieser Zeit stammt nämlich die Schrift «Ursprung gemeynner Berckrecht» von Joh. Haselberg, in der ein Holzschnitt den Grubenwagen auf einem solchen Geleise darstellt. Unter den großen Maschinen in Agricolas Buch ist besonders eine beachtenswert, die er «Kehrrad» nannte, eine Fördermaschine mit Wasserantrieb, die zwei Beschaufelungen für Links- und Rechtslauf aufweist. Durch abwechselndes Ziehen von zwei Schützen schlug abwechselnd auf die eine oder die andere Radhälfte Wasser auf, so daß man das Rad rückwärts- und vorwärtslaufen lassen und die Geschwindigkeit regeln konnte. Das Rad stand mit einem Wellbaum in Verbindung, der mit Hilfe von Kübeln und Säcken das Erz zu fördern erlaubte. Ein solches Kehrrad, das der Salzburger Meister Wolfgang Lascher (oder Lasser) 1556 für den Bergbau in Schwaz gebaut hat, galt damals geradezu als ein neues Weltwunder. Für die Bewetterung gibt Agricola neben Blasbälgen nicht nur die sogenannten Saugköpfe an, die sich selbsttätig nach dem Winde einstellen, sondern auch rotierende Ventilatoren («Fächerwerke»). Von den bereits erwähnten dreifach übereinander angeordneten Pumpensätzen, die Agricola als die günstigsten, dauerhaftesten und nützlichsten Entwässerungsanlagen bezeichnet, sagt er, diese Art Pumpwerk sei «vor zehn Jahren» – mithin etwa um 1540 – erfunden worden. Neuartig daran ist wohl der gleichzeitige Antrieb durch einen gemeinschaftlichen Motor gewesen. Als «einzig dastehend» nennt Agricola eine Transmissionsanlage, bei der ein Stampfwerk, eine Mühle und drei Rührwerke durch ein einziges Wasserrad angetrieben wurden. Zeugnisse dieser großartigen Leistungen frühen deutschen Bergbaus, der den Abbau der Erze schon bis auf Tiefen von 1000 m betrieben hatte, findet man im Münchner Deutschen Museum, in dem auch

das von Agricola dargestellte Kehrrad in voller Größe rekonstruiert worden ist, ferner im Museum von St. Andreasberg im Oberharz mit dem Schacht «Samson» sowie in Clausthal-Zellerfeld und in Freiberg, deren Bergakademien das ehrwürdige Erbe hüten.

Der Grund für den allmählichen, aber auf die Dauer unaufhaltsamen Niedergang der deutschen bergbaulichen und metallurgischen Technik, wie sie bei Agricola dargestellt wird, nach einer langen Zeit der Blüte war ein tiefgreifender Wandel in den wirtschaftlichen Verhältnissen. In Deutschland wie in Italien setzte im Lauf des 16. Jahrhunderts ein Niedergang des gewerblichen Lebens ein, der seine letzte Ursache in der Entdeckung des Seeweges nach Indien (Vasco da Gama, 1497) und damit in der zunehmenden Ausschaltung des Mittelmeergebietes aus dem Welthandel hatte. Und als die Türken im Jahre 1517 Ägypten, das Durchgangsland für den Asienhandel, erobert hatten, war auch hier der Handelsverkehr lahmgelegt. Zugleich setzte als Folge des steigenden Silberimportes aus Mexiko (zuerst 1522) eine zunehmende Silberentwertung ein, die den deutschen Silberbergbau mehr oder weniger unrentabel machte und viele Gruben zum Erliegen brachte. Im Norden bekam die deutsche Hanse, die den Handel zwischen West und Ost beherrschte – westliche Fertigwaren und Fische gegen östliche Rohstoffe und Nahrungsmittel –, ebenfalls zu spüren, wie sehr sich die Situation verändert hatte. Während sie im 14. und 15. Jahrhundert den Eisenbedarf Englands zum größten Teil decken konnte und auf diesem Gebiet noch um 1500 geradezu eine Monopolstellung einnahm, begann England im 16. Jahrhundert mit Hilfe deutscher Unternehmer und Facharbeiter planvoll die eigenen Eisenerzvorkommen zu nutzen und eine eigene Eisenindustrie zu entwickeln. Verhüttet wurde das Eisen, wie überall, so auch in England, damals noch mit Holzkohle. Deutsche lehrten 1565 die Engländer, Draht mit Hilfe von Wasserkraft zu ziehen. Solinger Stahlschmiede verbesserten die Messerfertigung in Sheffield und begründeten die Stahlfabrikation in Durham und Northumberland. Dann aber stellten sich die Engländer auf eigene Füße, und mit dem Ende des 16. Jahrhunderts wurden die Deutschen völlig ausgeschaltet. Erst mit dem Beginn des Abbaus der Steinkohle – im Saar- und im Ruhrgebiet seit etwa 1750, in Oberschlesien zu Ende des 18. Jahrhunderts – begann ein neuer Aufschwung des deutschen Bergbaus.

Von dem allgemeinen wirtschaftlichen Niedergang im 16. Jahrhundert wurde auch das deutsche Zunfthandwerk betroffen, das im 15. Jahrhundert den Gipfel seiner Macht erklommen hatte. Die Qualität der Leistungen jedoch blieb erhalten, auch dann noch, als im 17. Jahrhundert der Dreißigjährige Krieg die Städte und das Land total verarmen ließ. Selbst das seit dem 16. Jahrhundert ständig stärker zum Ausdruck kommende Erstarren der Zünfte in Formelkram und die Hemmnisse, die sich mit den überstrengen, oft mehr als engstirnigen Zunftbestimmungen so gut wie jeder technischen Verbesserung oder gar neuen Erfindung entgegenstellten, konnten auf die Dauer den technischen Fortschritt nicht verhindern. Nürnberg, dessen Zünfte sich um 1500 in geradezu lächerlich übertriebener Arbeitsteilung in etwa 400 kleingewerbliche Gruppen und Grüppchen aufgespalten hatten, wurde trotzdem zu einem Mittelpunkt handwerklichen und erfinderischen Kunstschaffens. Hier wirkte der Goldschmiedsohn Albrecht Dürer (1471–1528), der, ähnlich wie Leonardo, nicht nur ein großer Künstler, sondern auch ein vorzüglicher Mathematiker und Techniker war. Er hat sich insbesondere mit den Regeln der Perspektive beschäftigt und unter anderem das polygonale Festungssystem mit Bastionen und Kasematten (später als Leonardo, nämlich 1527) sowie Verbesserungen im Kupferdruckverfahren eingeführt.

In Nürnberg ließ sich auch der aus Zürich gebürtige Formschneider Jost Amman (1539–1591) nieder, von dem die älteste gedruckte Reihe von Werkstättenbildern stammt: «Eygentliche Beschreibung aller Stände auff Erden», die 1568 zu Frankfurt a. M. erschienen ist. Unter den 115 sorgfältig ausgeführten Holzschnitten finden wir 76 Handwerker an ihren Arbeitsplätzen abgebildet; der Holzschnitt wird jeweils durch einen Achtzeiler von Hans Sachs – «Schuhmacher und Poet dazu» – erläutert. Ammans Darstellungen sind als Dokumente für die handwerkliche Technik seiner Zeit unschätzbar. Sie ergänzen aufs trefflichste die lange Reihe der Miniaturen, die in den Porträtbüchern der beiden Nürnberger Zwölfbrüderstiftungen von Konrad Mendel und Matthäus Landauer (s. S. 76) überliefert sind, und geben wichtige Aufschlüsse hinsichtlich der technischen Hilfsmittel der einzelnen Handwerkszweige, über die man sonst nicht viel wüßte. So verwendeten die Steinschneider, die Glockengießer und die Zinngießer Schwungräder an ihren Maschinen; Glocken- und Zinngießer benutzten auch schon Drehbänke zum Herstellen ihrer Formen. Die Bank des Steinschneiders hatte einen Antrieb mit Tretbrett, Pleuelstange, Kurbel und Schwungrad, wie er an den einfachen Drechselbänken erst viel später auftrat. Leonardo hat bereits um 1500 eine solche Drehbank skizziert –

man sieht an diesem Beispiel erneut, daß viele seiner Erfindungen noch einmal gemacht werden mußten.

1568 findet sich in der Reihe der Landauerschen Porträts aus der Zwölfbrüderstiftung ein Harnischpolierer, der mit zwei großen, mit Leder überzogenen und von Wasserkraft angetriebenen Polierscheiben arbeitet; früher hatte der Polierer das mit der Hand geführte Polierholz benutzt. Diese Erfindung, die eine erhebliche Beschleunigung der Arbeit ermöglichte, muß in diese Zeit um die Mitte des 16. Jahrhunderts fallen. Denn um 1570 zeichnet auch in Florenz der Niederländer Jan van der Straet (italianisiert: Giovanni Stradano) als Karton für die Florentiner Wandteppichmanufaktur eine große Poliererwerkstatt. Und unter den um 1600 von Theodor Galle und Jan Collaert nach Stradanos Entwürfen gestochenen 20 Blättern «Neue Erfindungen» befindet sich ebenfalls die Darstellung einer Anlage, die durch ein Wasserrad angetrieben wird: Lederbezogene Scheiben zum Polieren von Harnischen.



Der Harnischpolierer von 1568 arbeitet mit zwei belederten Polierscheiben, die von Wasserkraft betrieben werden

Sehen wir uns im Umkreis technischer und technologischer Betätigung für diesen Zeitraum weiter um, so begegnen wir noch manch anderer Neuerung. Da hat zum Beispiel der bereits oben erwähnte Geronimo Cardano (1501–1576; s. S. 100) aus Mailand 1550 und 1557 zwei Bücher erscheinen lassen, die Aufschluß über eine Anzahl technischer Apparaturen geben. Im ersten Werk «De subtilitate» beschreibt er neben anderem die «innerhalb der letzten drei Jahre» gemachte Erfindung der Windsichtmaschine zur Reinigung des Mehls. Es handelt sich dabei um eine Verbesserung des von dem Zwickauer Müller Nicolaus Voller im Jahre 1502 eingeführten, von der Mühle angetriebenen Beutelwerks zum Sichten des Mehls, wie sie dann erst wieder 1828 von Johann Carl Leuchs vorgeschlagen worden ist. Cardano behandelt ferner die Bewegungselemente, Transmissionen, allerhand Räderwerk und Pumpen.

Auch Cardanos Landsmann, der Neapolitaner Giambattista della Porta

(1538–1615), hat in seinem vorwiegend kompilatorischen Werk «Magia Naturalis», das zuerst 1558 und dann, bedeutend erweitert, 1589 erschien, neben allerhand Kuriosem manches Wichtige überliefert. Insbesondere hat er sich selbst mit hydraulischen und optischen Versuchen beschäftigt. Er gibt die älteste Beschreibung des Wassertrommelgebläses und einer Pumpe mit Windkessel, die erst im Jahre 1655 von dem Nürnberger Zirkelschmied Hans Hautsch zur Feuerspritze ausgebildet wurde. Porta beschreibt auch die Camera obscura. Man hat sogar geglaubt, in der Zusammenstellung zweier Linsen, die sich in Portas Buch findet, eine erste Andeutung des Fernrohrs sehen zu können. Er dürfte aber lediglich an Augengläser gedacht haben.

Der erste Vorschlag eines Linsensystems zur Verbesserung des Sehens stammt übrigens bereits von dem italienischen Arzt, Naturforscher und Dichter Girolamo Fracastoro, latinisiert Hieronymus Fracastorius (1538); er ist berühmt geworden vor allem durch seine Theorie über die Seuchen, die er ganz richtig auf Ansteckung durch lebende Keime zurückführte, sowie durch sein Lehrgedicht über die damals als «Franzosenkrankheit» die gesamte zivilisierte Welt verheerende Lues. Die Grundelemente zum Spiegelteleskop können am ehesten dem englischen Mathematiker Leonard Digges († um 1571) zugeschrieben werden; er hat in seinem Werk «A geometrical Practise, named Pantometria» (1571) offenbar bereits die vergrößernde Wirkung einer Kombination von Konkavspiegel und Linse erkannt und diese wohl auch praktisch erprobt. Bei ihm finden wir außerdem erstmals das Wort «Theodolit».

Einfache optische Experimente wurden zu jener Zeit mancherorts angestellt. Das führte u. a. zur Erfindung des Mikroskops durch den Middelburger Brillenmacher Zacharias Janszoon, den Sohn des Jan (bald nach 1590). Die Behauptung, das dioptrische Fernrohr sei in Italien schon vor der ersten Konstruktion durch Hans Lippershey aus dem holländischen Middelburg im Jahre 1608 bekannt gewesen, bleibt unbewiesen.

Mit Mikroskop und Fernrohr sind wir zu einem Gebiet gelangt, das im Laufe des 16. Jahrhunderts einen besonderen Aufschwung nahm: die Feinmechanik und der Instrumentenbau. Bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts waren die Astronomen und Geodäten genötigt, sich ihre Instrumente selbst zu bauen. Berühmte Beispiele dafür sind Purbach und Johannes Müller (Regiomontanus), Peter Apian und Tycho Brahe. Apian (1495 bis 1552) erfand und verbesserte verschiedene mathematische und astronomische Instrumente; erwähnt sei sein «Torquetum», ein Instrument zum Bestimmen von Gestirnpositionen, das sich an Regiomontanus' Konstruktion anlehnte, und seine Quadranten. Besonderes Verdienst um die Entwicklung astronomischer Instrumente erwarb sich der Landgraf Wil-

helm IV. von Hessen-Kassel (1532–1592), der eine Anzahl befähigter Instrumentenbauer nach Kassel berief: Andreas Schoner, Eberhard Baldwein, Christoph Rothmann und Jost Bürgi. Außer Planetarien, Quadranten und Sextanten, die unter seiner Leitung von 1558 an für seine Sternwarte in Kassel gebaut wurden, ist insbesondere ein Azimutal-Quadrant zu nennen, der wiederum Tycho Brahe als Vorbild gedient hat. Sehr schön läßt sich an Hand der erhaltenen Instrumente feststellen, wie der Instrumentenbau unter dem Einfluß des Landgrafen von der Holz- zur Metallkonstruktion übergeht.

Der große Astronom Tycho Brahe (1546–1601), der 1575 den Landgrafen Wilhelm in seiner Residenz besuchte, hat sich zahlreiche Instrumente noch selbst gebastelt – gebastelt im besten Sinne des Wortes. Wenn er sich also bei seinem Besuch in Augsburg 1569 von einem dort ansässigen Mechaniker einen Reise-Sextanten anfertigen ließ, so darf man daraus schließen, daß die Feinmechanik von etwa 1550 an in dieser Stadt mindestens bei einigen Meistern zu besonderer Blüte gelangt war. In Augsburg wirkten damals überhaupt hervorragende Handwerker und Künstler, so der Gürtler Christoph Schißler (1530 oder 1532–1608) und sein Sohn, ferner Tobias und Ulrich Klieber, Ulrich Schniep, Martin Furtenbach und andere Instrumentenmacher und Kunstuhrmacher, deren Werke noch heute Zierden mancher Museen und Sammlungen sind.

Christoph Schißler der Ältere ist ein besonders typischer Vertreter des damals so hochstehenden Augsburger Kunsthandwerks. Er baute Kompasse, Vermessungsgeräte, mathematische Instrumente, astronomische Bestecke, Armillarsphären, Automaten und vieles andere.

Für die Verfertiger derartiger Instrumente der angewandten Mathematik gab es nirgends eine besondere Zunft. Es finden sich unter ihnen Gelehrte wie Apian, Uhrmacher wie Jost Bürgi, Goldschmiede wie Wenzel Jamnitzer. Förderer dieser Kunsthandwerker waren insbesondere die Fürsten, die ihre besondere Freude an allerlei «Kuriositäten» aus Natur, Kunst und Technik hatten. Diese hochgestellten Herren waren oft leidenschaftliche Sammler und füllten ihre «Kunst- und Raritätenkammern» – die Vorläufer der heutigen Kunstgalerien und -museen, der Münzkabinette, Antiquarien und naturhistorischen Sammlungen – mit derartigen Kostbarkeiten. Außer dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen haben sich in dieser Hinsicht vor allem Herzog Albrecht V. von Bayern (1528–1579) und der Kurfürst August von Sachsen (1526–1586) einen Namen gemacht. Sie alle hatten besonderes Interesse für feinmechanische Instrumente. Kurfürst August – ein ebenso weitblickender wie wirtschaftlich denkender Mann – hat übrigens auch sonst viel für den Fortschritt der Technik in seinem Land getan; er richtete eine regelmäßige Post mit «reitenden Bo-

ten» ein, holte niederländische Baumwollweber ins Land und verhalf dem erzgebirgischen Bergbau zu neuer Blüte. Auch die erste Landesaufnahme hat er veranlaßt – auch das liegt «im Zug der Zeit»: Für die Feldvermessung brachte Rainer Gemma Frisius (1508–1588) Neuerungen, und um 1590 erfand der Nürnberger Johannes Praetorius den Meßtisch.

Von Augsburg ist auch das Münzwalzwerk ausgegangen, das um 1550 von Marx Schwab erfunden und dann 1565 von Johann Vogler in Tirol und 1573 von Hans Göbel in Dresden eingeführt wurde. Für die Walzenprägung hat sich auch Graf Reinhard zu Solms (von 1551 an) besonders eingesetzt, wenngleich zunächst ohne nachhaltigen Erfolg. Bei dem Werk handelt es sich um eine für den speziellen Fall abgewandelte Konstruktion, wie sie schon Leonardo mit seinem Walzwerk dargestellt und wie sie auch Eobanus Hessus 1532 in seiner Beschreibung der Nürnberger Eisenmühle mit Walzwerk zum Strecken von Eisen erwähnt hatte.

Neben den Augsburgern haben auch die strengen, in Zünften zusammengeschlossenen und von diesen gelenkten Nürnberger Handwerker: die Kompaßmacher, Goldschmiede, Glasschleifer, Brillenmacher, Uhrmacher (die bis 1565 der Zunft der Schlosser angehörten) als Feinmechaniker Bedeutendes geleistet. So erfand beispielsweise der Mechaniker Hans Lobsinger um 1550 eine Hobelmaschine zur Metallbearbeitung; er konstruierte auch eine Windbüchse und eine Presse zum Hochprägen von Leder und Metall, die zuerst der berühmte Nürnberger Goldschmied Wenzel Jamnitzer verwendete.

Die Landesherren hatten ihre guten Gründe, wenn sie einfallsreiche Handwerker, geschickte Mechaniker und tüchtige Erfinder nach Kräften förderten. Denn die Bestrebungen der Fürsten im Zeitalter des aufkommenden Absolutismus gingen dahin, die Wirtschaftskapazität ihrer Länder zu steigern, und zwar in Richtung auf weitgehende wirtschaftliche Unabhängigkeit, was wiederum mit dem stark steigenden Geldbedürfnis des Staates für den vom Hof entfalteten Prunk, für das Heer, für das sich herausbildende Beamtentum zu tun hat. Hand in Hand nun mit der Ausprägung dieses als «Merkantilismus» bekannten Wirtschaftssystems ging das Aufblühen von Bergbau, Gewerbe und Handel; kein Wunder also, daß die Fürsten gern bereit waren, Erfinder zu ermutigen, indem sie ihnen für besondere Leistungen oder neue Maschinen Privilegien verliehen. Gerade die sächsischen Kurfürsten zeigten sich darin besonders eifrig; die von ihnen erteilten Privilegien stellen frühe Belege für den Erfindungsschutz dar. Sie waren zwar nicht Patente im modernen Sinn, sondern Rechte, «Freiheiten», die durch einen besonderen Akt der Gesetzgebung entstanden und inhaltlich bestimmt sind. Doch beruht die Erteilung solcher Rechte im allgemeinen auf den gleichen rechtspolitischen Erwägungen, die auch

die Grundlage für den modernen Erfindungsschutz bilden. Diese sächsischen Erfindungsprivilegien sind zwar nicht die ältesten, die man kennt – es gibt noch frühere in Italien und in Holland –, sie sind aber immerhin älter als gleichartige Maßnahmen in England. Dort hat sich der Erfindungsschutz zuerst unter der jungfräulichen Königin Elisabeth entwickelt: 1559 erbat und erhielt der Italiener Acontio ein Privileg für eine von ihm erfundene Maschine. In den Jahren 1561 bis 1570 sind in England 12 Privilegien für chemische Produkte und 6 für Maschinen erteilt worden, und 1623 wurde im «Status of Monopolies» der Erfindungsschutz gesetzlich geregelt; damit war das erste Patentgesetz geschaffen.

Die beiden ältesten sächsischen Privilegien betreffen bergbauliche Erfindungen. Aus den Jahren 1500 und 1502 stammt das Privileg für eine Maschine des Lorenz Werder «zur Bewältigung der Wässer in den Schneeberger Bergwerken». Praktisch größere Bedeutung erlangte die Erfindung des Naßpochwerks durch den Vogt Sigismund von Maltitz von 1512 (siehe S. 109). Besonders der tüchtige Kurfürst August regte die Tätigkeit der Erfinder durch Gewähren von «Freiheiten» an; im Laufe des 16. Jahrhunderts wurden in Sachsen an die 40 solcher Privilegien erteilt.

In welches Gebiet der Technik man auch schauen mag – allenthalben regt sich Neues oder wird Altes verbessert, vervollkommnet, fortentwickelt. Nur ein paar Beispiele mögen das zeigen: In der Salzgewinnung wird als wesentlich technische Neuerung das Gradierwerk eingeführt, jenes heute technisch überholte, nur noch in Luftkurorten zu findende Balkengerüst, an dessen Reisigwänden die Sole herabtropft und infolge der Verdunstung des Wassers auf der großen Oberfläche der Wände konzentriert wird. Der erste derartige «Leckwerk» (noch mit Stroh statt Reisig) ist für 1568 in Sulza beglaubigt.

Die Glasmacherkunst, die sich in Venedig seit 1090 zu hoher Blüte entwickelt hatte und zur Renaissancezeit ihren Höhepunkt erreichte, gewann im übrigen Europa im Lauf des 16. Jahrhunderts als Kunstgewerbe Bedeutung. Antonio Neri in Florenz hat in seiner «Arte vitraria» (zuerst 1668) die Erfahrungen der Glasmacher niedergelegt. Abbildungen bienenkorbähnlicher Glasmacheröfen des 16. Jahrhunderts finden sich in den Werken von Biringuccio und Agricola. In Deutschland sind Glashüttenbetriebe seit dem 14. Jahrhundert urkundlich bezeugt, so insbesondere in Thüringen und Schlesien (Bischofsgrün im Fichtelgebirge 1340; Schreiberhau 1366). Während in Frankreich namentlich die Spiegelglaserzeugung während des 16. Jahrhunderts ihren Aufschwung nimmt, werden zu dieser Zeit in Deutschland feinere Gläser noch aus Venedig importiert, und venezianische und Mailänder Glasmacher wirken in Mitteleuropa als Lehrmeister. In Nürnberg kennt man das Gravieren von Glaspokalen seit die-

sem Jahrhundert. Die Kunst des Glasblasens am Ofen, die schon in einer 1023 entstandenen Bilderhandschrift nach einer Vorlage von Hrabanus Maurus († um 850) bildlich dargestellt ist, wurde in Italien durch den Gebrauch der Glasbläserlampe verfeinert und in dieser Form erst im 17. Jahrhundert in Deutschland eingeführt – in Nürnberg anscheinend durch den in Amsterdam geborenen Italiener Abraham Fino († 1657). Den Glasblasetisch mit doppeltem Blasebalg beschreibt der als «Goldmacher» und als Erfinder des Rubinglases bekannte Johann Kunckel 1679 in seinem Buch über die Glasmacherkunst, das auf Antonio Neris «Arte vitraria» fußt.

Die Keramik erlebte unter maurischem Einfluß vom 13. bis zum 15. Jahrhundert eine frühe Glanzzeit in Spanien (Valencia). Von hier aus wurde Italien beeinflußt, wo ebenfalls schon im 13. Jahrhundert die Kunsttöpferei beginnt. Italienische Kunsttöpfer brachten ihr Können seit dem Ende des 15. Jahrhunderts nach Frankreich, wo dann die Kunst der Fayence – benannt nach der italienischen Stadt Faenza – mit Bernard Palissy (1510–1590) ihre höchste Blüte erreichte. Palissy ist nicht nur wegen seiner herrlich bunt glasierten Zierteller und Zierschüsseln berühmt, er gehörte auch zu jenen Forschern, denen experimentelle Erfahrung wichtiger war als die Bücherweisheit verstaubter Autoritäten. Sehr interessiert hat sich Palissy für geologische Probleme: Er hat bereits recht modern anmutende Vorstellungen über die Entstehung der Quellen und über den Aufbau der Erdschichten, und einen von ihm beschriebenen Handbohrapparat für geologische Zwecke hat er zweifellos auch benutzt. Palissy – auch das ist für die Universalität der Großen jener Zeit kennzeichnend – war neben seinem Zeitgenossen, dem Schweizer Polyhistor Konrad Gesner, einer der ersten, die zu wissenschaftlichen Zwecken Naturaliensammlungen angelegt haben.

Feinmechanik – Patente – Botenpost – Naturaliensammlungen: Manches, was das 16. Jahrhundert hervorgebracht hat, kommt uns schon recht «modern» vor. Um so trauriger aber war es um die Verkehrsverhältnisse bestellt. Das Reisen war damals ein sehr fragwürdiges Vergnügen. Bei den grundlosen Wegen vollzog sich bis zur Mitte des 15. Jahrhunderts der Reiseverkehr zu Fuß und zu Pferde – nur Fracht wurde mit schwerfälligen Wagen mühselig von Stadt zu Stadt über jämmerlich schlechte Straßen befördert. Noch Katharina von Medici († 1589) benutzte keinen Reisewagen, obwohl sie in ihren letzten Lebensjahren recht beleibt war. Dabei hatte schon im Jahre 1457 der König von Ungarn der Königin von Frankreich einen Reisewagen geschenkt, dessen Sitzkasten in Riemen aufgehängt war (eine Neuerung, die man seit Homer vergessen hatte, denn der altgriechische Dichter spricht in seiner «Ilias» bereits von einem solchen Wa-

gen). Da in Ungarn solche bequemen Reisewagen «Kocsimy» – Fuhrwerk aus Kocs – heißen, wurden sie Kutschen genannt, in England «Coaches»; sie führten sich aber nur langsam ein. Ein Holzschnitt aus dem Jahre 1536, der einen Reiseunfall des Papstes darstellt, zeigt den umgestürzten Wagen: Jegliche Federung fehlt. Und ein von Veranzio 1616 abgebildeter Reisewagen ist zwar auf eisernen Federn gelagert, doch werden auch diese die Insassen wohl kaum vor harten Stößen bewahrt haben.

Selbst in den Städten dauerte es noch lange, bis man für die Straßen und ihre Sauberkeit etwas tat. Schweine wühlten ungehindert den Kot auf, und die Abwässer wurden einfach in die Gosse geschüttet. 1184 fiel König Philipp II. von Frankreich in Ohnmacht von dem Gestank, den mehrere schwer beladene Wagen verursachten, als sie vor seinem Fenster den Straßenkot aufrührten. Daraufhin ließ der König die wichtigsten Straßen von Paris mit Feldsteinen pflastern. In Deutschland waren es Nürnberg (1368) und Augsburg (1391), die erste Versuche mit dem Pflastern der Straßen machten; in Berlin wurde damit erst 1679 begonnen – bis heute heißt die älteste gepflasterte Straße Berlins «Hoher Steinweg». Der moderne Straßenbau beginnt erst 1747 mit der französischen «École des ponts et chaussées», vor allem aber mit Pierre-Marie Jérome Trésaguets Kunststraßen (1764). Die «Makadamstraße» stammt von dem Engländer John Loudon MacAdam (1756–1836), die Betonstraße ebenfalls von zwei Briten, William Hobson (Patent 5449 vom 15. Januar 1827) und Sir John Benjamin MacNeill (1829), die Asphaltstraße von dem Basler Ingenieur E. Merian (1849), das Kleinpflaster von dem Geheimen Baurat Friedrich Gravenhorst (1885), und die erste «Autobahn» wurde von der 1909 gegründeten «Automobil-Verkehrs- und Übungsstraßen GmbH.» geschaffen, die 1913 den Bau der Avus zwischen Berlin-Charlottenburg und Nikolassee begann.

Angesichts der trostlosen Straßenverhältnisse, wie sie bis ins 18. und 19. Jahrhundert hinein allenthalben geherrscht haben, ist es verständlich, daß man sich, wo immer es ging, für den Warenverkehr ans Wasser hielt, an Flüsse und dann auch an Kanäle. Der Kanalbau war ja nichts Neues: Um 1400 v. Chr. schon hatten die alten Ägypter eine Kanalverbindung vom Nil zum Roten Meer geschaffen, und ins 6. Jahrhundert vor Christus fallen gleich zwei große Kanalbauten: In China wird der berühmte Kaiser-Kanal begonnen – mit 1300 km Länge einer der längsten Kanäle der Erde –, und in Mesopotamien baut Nebukadnezar einen 600 km langen Wasserweg von Babylon zur Mündung des Euphrat. Wichtig für den Kanalbau der Neuzeit wurde die Erfindung der Kammerschleuse im 15. Jahrhundert. Wir finden die erste zuverlässige Mitteilung in dem Buch «De re aedificatoria» von Leon Battista Alberti (1402–1472), das um 1452

geschrieben, aber erst 1485 gedruckt wurde; Albertis Schleusenanlagen haben horizontal zu öffnende Tore. Neben den Italienern beanspruchen aber auch die Holländer die Ehre für diese wichtige Erfindung; wahrscheinlich haben die ersten niederländischen Schleusen der Entwässerung des Landes hinter den Deichen gedient und sind dann als Kammerschleusen auch für die Schiffahrt nutzbar gemacht worden. Die Niederlande jedenfalls sind seit dem 15. Jahrhundert das Land der Kanäle geworden. Auch Leonardo da Vinci hat eine ganze Reihe von Kanalprojekten ausgearbeitet, die allerdings nicht zur Ausführung gelangten, und in seinen Manuskripten finden sich zahlreiche Entwürfe zu Kanalbauten und zu Schleusenanlagen (um 1500). Eine Kammerschleuse mit schrägliegenden Wehren hat er im «Codex Atlanticus» skizziert; zugleich gibt er hier Anweisungen über Einzelheiten der Schleusentore und Aufziehvorrichtungen. Zweiflüglige Kammerschleusen ähnlicher Art wie bei Leonardo hat Vittorio Zonca († 1602) angegeben. Zwei Jahre nach Zoncas Tod begann in Frankreich der 40 Jahre in Anspruch nehmende Bau des 57 km langen Kanals von Briare, der die Seine mit der Loire verbindet, und unter Ludwig XIV. entstand dann in den Jahren 1666 bis 1681 im Canal du Midi ein Meisterwerk der Tiefbaukunst, der auf 240 km Länge das Mittelmeer mit dem Atlantischen Ozean verbindet und mit 100 Schleusen ausgestattet ist.

An dieser Stelle bereits sei der beiden großen Kanäle gedacht, die das Bild der Weltschiffahrt von Grund auf geändert haben: Am 17. November 1869 wurde der (schleusenlose) Suezkanal feierlich eingeweiht, der unter der Leitung von Ferdinand Lesseps (1805–1894) in zehnjähriger Bauzeit nach den Plänen des Österreichers Alois Negrelli (1799–1858) entstanden war. Zehn Jahre später ging Lesseps daran, auch Atlantik und Pazifik durch einen Kanal zu verbinden. 1889 waren Zehntausende von Menschen dahingeopfert, Millionenvermögen vertan. Der heute noch sprichwörtliche «Panamaskandal» war die Folge. Erst den Amerikanern, die das Riesenprojekt systematisch anpackten – mit allen Mitteln moderner Technik, mit Ausrottung aller Fieberherde und damit, daß sie einen eigenen Staat entstehen ließen –, gelang der Bau des Panamakanals. In sieben Jahren wurden Kanal und Schleusen unter Leitung von George Washington Goethals (1858–1928) fertig, am 15. August 1914 fuhr das erste Schiff direkt von einem der großen Weltmeere in das andere.

Luftpumpe und Porzellan

Barock – das ist Gegenreformation und fürstlicher Absolutismus, ist die dynamische Übersteigerung der statischen Renaissance, ist üppig schwellende Formenfülle in Architektur, Plastik, Malerei, Musik. Barock – das ist Pomp und Prunk, Wasserspiel und Feuerwerk, Lustschloß und Irrgarten, Maskerade und Oper, Freude am Allegorischen, am Mythologischen, am Phantastischen, am «Curieusen». In der Technik aber bringt das Barock den Auftakt zum Eisernen Zeitalter.

Zunächst führt das Barock dynamisch fort, was die Renaissance begonnen hat. Jetzt blüht auf, was um die Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert sich angekündigt hatte: Die induktive, auf Erfahrung, Beobachtung und Versuch gegründete und vom Einzelnen zum Allgemeinen fortschreitende Forschungsmethode, wie sie Francis Bacon of Verulam (1561 bis 1626) in seinem «Novum Organum» (1620) programmatisch dargelegt hatte. In Galileo Galilei (1564–1642) fand sie ihren unsterblich gewordenen Vorkämpfer: Nur so dürfe man Fragen an die Natur stellen – und zwar durch das Experiment –, daß lediglich eine einzige, klar entschiedene Antwort möglich sei. Mit Galilei hebt die Klassische Physik an; er hat für die Astronomie, die Optik, die Mechanik, die Statik Grundlegendes geleistet. Er, sein Schüler Evangelista Torricelli, der Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke und der englische Privatgelehrte Robert Boyle sind die Väter der Experimentalphysik.

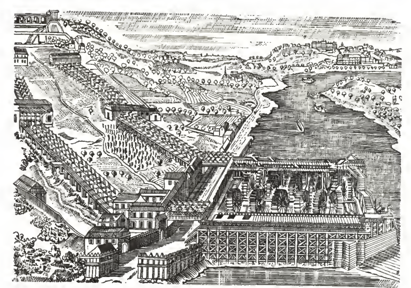
Für die Technik als angewandte Wissenschaft hat schon Francis Bacon in seiner utopischen «Nova Atlantis» das Programm verkündet: Den Flug der Vögel nachzuahmen und Schiffe für die Fahrt unter Wasser zu bauen, Uhren und Instrumente mit immerwährender Bewegung zu konstruieren, die Bewegungen der Lebewesen in Nachbildungen von Menschen oder Tieren aller Art wiederzugeben und Triebwerke zu schaffen, die sich durch Gleichmäßigkeit, Eleganz und Feinheit auszeichnen.

Nun – Ähnliches hatte schon Leonardo, hatte schon Kyeser geplant, und auch in den großen Maschinenbüchern – etwa dem des Agostino Ramelli von 1588 (s. S. 102) – war manches von diesem Geist zu spüren. Ramellis Werk ist sogar schon ganz aus barockem Lebensgefühl heraus entstanden – kein Wunder, denn das Barock machte sich in Italien am frühesten geltend, wo Papst Sixtus V. Rom sein barockes Gesicht gab. In der Reihe dieser Maschinenbücher wäre noch das von Salomon de Caus (1576–1626) zu nennen, der Kurfürstlich Pfälzischer Ingenieur war und später dem König

Ludwig XIII. von Frankreich diente. Aus seinem 1615 in französischer und deutscher Sprache erschienenen Werk über die «Gewaltsamen Bewegungen» ist der Entwurf einer Sonnenkraftmaschine mit Brennlinsen und Spiegeln bemerkenswert, die einen Springbrunnen treibt. Im übrigen beschäftigt sich das Buch hauptsächlich mit Wasserkünsten in den Gartenanlagen des Heidelberger Schlosses. Salomon de Caus ist bereits zu der grundsätzlichen Erkenntnis gelangt, daß der Wasserdampf verflüchtigtes, evaporiertes Wasser ist, das sich bei Abkühlung wieder in die gleiche Menge flüssigen Wassers zurückverwandelt, woraus man ihn durch Erhitzung gewonnen hat. Und hier blitzt auch schon der Gedanke auf, der wenige Jahrzehnte später Wirklichkeit werden sollte: den Dampfdruck zum Heben von Wasser zu benutzen. Man hat viel später de Caus als Märtyrergestalt auf die Bühne gebracht, weil er, der «Erfinder der Dampfmaschine» – der er nicht gewesen ist –, von Richelieu ins Irrenhaus gesperrt worden sei.

Eine technische Glanzleistung im frühbarocken Rom war der Transport und die Wiederaufrichtung des 327 Tonnen schweren und 25,5 Meter hohen Obelisken auf dem Petersplatz durch den Baumeister Domenico Fontana (1549–1607) im Jahre 1586. Fontana, unter Papst Sixtus V. der führende Architekt Roms, hat die Kuppelkapelle an Santa Maria Maggiore gebaut, den Lateranpalast und den Quirinal, die Vatikanische Bibliothek; gemeinsam mit Giacomo della Porta hat er nach Michelangelos Plänen die Kuppel des Petersdomes gewölbt und deren Laterne geschaffen. Drei Obelisken hat er errichtet, den vor St. Peter, den bei Santa Maria Maggiore und den auf der Piazza del Popolo. Fontanas Zeitgenossen hielten es für unmöglich, den Obelisken, den Caligula anno 39 n. Chr. aus Heliopolis nach Rom gebracht und im Neronischen Circus aufgestellt hatte, wieder aufzurichten. Wie Fontana in seinem Buch beschreibt, vertrat er nach eingehenden Berechnungen und Untersuchungen die Meinung, daß die Aufgabe durchaus zu bewältigen sei. Hiernach setzte er eine genau ermittelte Anzahl von Winden und Flaschenzügen sowie 40 Göpeln fest, mit deren Hilfe die gesamte Arbeit unter Einsatz von 140 Pferden und 800 Arbeitern bewältigt wurde (Tafel S. 36). Ganz Rom war während dieser Arbeit auf den Beinen, und als der Obelisk endlich stand, drang Fontanas Ruhm weit über die Grenzen Italiens hinaus. Später sorgte er in seiner Eigenschaft als päpstlicher Architekt sehr für den Ausbau der Straßen. So sollen im Jahre 1587 in Rom nicht weniger als 121 Straßen gepflastert worden sein.

Etwa hundert Jahre später erregte ein anderes technisches Werk die Bewunderung der Welt: Die mit ungeheurem Kostenaufwand in den Jahren 1681 bis 1685 erbaute Wasserhebemaschine von Marly, die dazu diente, die berühmten Gärten von Versailles mit dem nötigen Wasser zu versorgen. Allein die Unterhaltung des Pumpwerkes, dessen 14 riesige Wasserräder von



Die Riesenanlage zum Heben des Wassers für die Gärten von Versailles hatte eine Leistung von ganzen 80 PS

je 12 Meter Durchmesser von der Seine angetrieben wurden, kostete ungefähr 100 000 Francs. Das Wasser wurde von 221 Pumpen durch gußeiserne Rohre über zwei Zwischenbehälter um 162 Meter gehoben. Die Pumpen hatten Stangenantrieb von den großen Wasserrädern her. Die riesige Anlage hatte nur die verblüffend geringe Leistung von 80 PS: so viel wie ein Lastwagenmotor!

Der Obelisk von St. Peter und die Wasserhebemaschine von Marly zeigen aber, daß auch das Barock zunächst noch mit den technischen Mitteln arbeiten mußte, die schon vorher bekannt waren, mit Wasserkraft und mit menschlicher oder tierischer Muskelkraft, verstärkt durch Hebel, Rolle und Flaschenzug. Und gerade der «Gigant von Marly» zeigt auch deutlich die doch recht eng gezogenen Grenzen der alten Kraftmaschinen.

In den Studierstuben und Laboratorien der Forscher des 17. Jahrhunderts aber regte es sich. Was die Empiriker um der Erkenntnis willen erarbeiteten, sollte in seiner Anwendung auf technische Probleme von entscheidender Bedeutung werden. Aber auch diejenigen, die, dem Zeitgeist entsprechend, den Wirklichkeitssinn mit allerhand spekulativen Ideen verknüpften, förderten die technische Entwicklung. Zu ihnen gehörten bedeutende chemische Technologen wie Johann Rudolf Glauber und Johann Kunckel, der anno 1685 auf der Pfaueninsel bei Potsdam das Rubinglas erfand, aber auch der Volkswirtschaftler Johann Joachim Becher, dessen

Kopf ständig voller Projekte steckte; in seinem Büchlein «Närrische Weisheit oder weise Narrheit» von 1689 hat er zahlreiche, zum Teil phantastische Erfindungen erläutert. Und nicht anders ist es mit dem Jesuiten Athanasius Kircher (1601–1680), der in vielen kompendiösen Werken das gesamte Wissen seiner Zeit niedergelegt und dabei eine Vorliebe für das Barock-Kuriose gezeigt hat, und dem holländischen Bauernsohn Cornelius Drebbel (1572–1633).

Durch seine mechanischen und optischen Versuche erlangte Drebbel, der «Alkmarische Prahlhans», wie die Zeitgenossen ihn nannten, in kurzer Zeit einen solchen Ruf der Gelehrsamkeit, daß ihn Kaiser Ferdinand II. als Lehrer seiner Söhne berief und ihn zum «Rath» ernannte. Zu Beginn des Dreißigjährigen Krieges verließ er den unruhigen Kontinent und begab sich nach London. Drebbel, der neben vielem anderen auch ein Thermoskop ersann, baute um 1620 ein Tauchboot. Mit diesem unternahm er in der Themse eine erfolgreiche Unterwasserfahrt, die ihn bei einer Dauer von angeblich drei Stunden zwei englische Meilen weit von Westminster nach Greenwich führte. Dieses kleine Tauchboot faßte nach einem Bericht, den Robert Boyle im Jahre 1660 gegeben hat, eine Bemannung von etwa 15 Köpfen und schwamm in einer Tiefe von dreieinhalb bis viereinhalb Meter. 12 Ruderer trieben es vorwärts. Das Tauchen geschah durch Einlassen von Wasserballast in dafür vorgesehene Fluträume, das Auftauchen durch Abwerfen von Gewichten. Den Gedanken, das Ballastwasser durch Ausstoßen aus Schläuchen wieder zu entfernen und auf diese Weise das Auftauchen zu bewerkstelligen, hat 1683 Giovanni Alfonso Borelli erstmals ausgesprochen; der Vorschlag wurde dann 1691 durch Denis Papin praktisch erprobt.

War Drebbel mehr ein Mann, der um der Lust am Experimentieren und um der echt barocken Freude am Außergewöhnlichen seine Erfindungen schuf, so war Otto von Guericke um echte Grundlagenforschung bemüht, die dann freilich die großartigsten Folgen haben sollte.

Bacons und Galileis Programm: Beobachtung und Versuch, das hört sich bei dem Magdeburger Bürgermeister so an: «Ein Beweis, der auf Erfahrung beruht, ist jedem aus Vernunftschlüssen gezogenen vorzuziehen.» Mit seinen großartig exakten und konsequent aufgebauten Versuchen steht er in der ersten Reihe jener großen Naturforscher, die damals den experimentellen Wissenschaften zum Durchbruch verholfen haben, Galileo Galilei und Evangelista Torricelli in Italien, Blaise Pascal in Frankreich, Robert Boyle und Robert Hooke in England, Christian Huygens in den Niederlanden.

Am 20. November 1602 ist Otto Gericke – die Schreibung Guericke stammt von dem französisch ausgefertigten Adelsbrief des Jahres 1666 –

als Sohn einer seit Jahrhunderten eingesessenen Patrizierfamilie in Magdeburg geboren. Fünfzehn Jahre alt, bezieht er die Universität. In Leipzig, Helmstedt und Jena studiert er Rechtswissenschaften, in Leyden Mathematik und Astronomie, zugleich aber auch die Ingenieurwissenschaft seiner Zeit in der Form der Festungsbaukunst und der Kunde von den «mechanischen Künsten». Nach Beendigung des Studiums kehrt er in seine Heimatstadt zurück und wird Ratsherr und Ratsbaumeister. Die Schrecken des Dreißigjährigen Krieges brechen auch über Magdeburg herein: Am 20. Mai 1631 wird «des Hergotts Kanzlei» von Tillys Truppen erstürmt und geplündert; eine Feuersbrunst rast über die Stadt dahin, nur der Dom, das Liebfrauenkloster und ein paar hundert Fischerhütten bleiben verschont – es ist ein trostloses Bild, das Otto von Guerickes Stadtplan aus dem Jahre 1632 zeigt. Damals leitet er in schwedischen Diensten den Festungsbau in Erfurt, kehrt aber sofort in seine Heimat zurück, als die ersten Mutigen mit dem Wiederaufbau beginnen, für den er nun mit seinem reichen Wissen großzügige Pläne entwirft. Im Jahre 1646 wird Otto von Guericke Regierender Bürgermeister, ein Amt, das er mit ungewöhnlichem diplomatischem Geschick durch fünfunddreißig Jahre schwierigster politischer Entwicklungen zum Wohle Magdeburgs geleitet hat.

Trotz des Übermaßes an Arbeit, das der Aufbau der Stadt und die Wahrung ihrer politischen Rechte von dem Bürgermeister Otto von Guericke verlangt, findet er immer wieder Zeit für seine Lieblingsbeschäftigung: Der Natur mit Hilfe der neuen Geistesmittel, mit Beobachtung und Versuch, hinter ihre Geheimnisse zu kommen. Seine Experimente dienen nicht unmittelbar dem Ziel, die Natur zu beherrschen, wie dies Francis Bacon von Verulam in seinem «Novum Organum» vom Jahre 1620 gefordert hatte; Otto von Guericke ist auch nicht der «erste deutsche Ingenieur», als den man ihn wohl gefeiert hat. Da sind lange Jahrhunderte vor ihm schon die Meister der Bauhütten und die Kunstmeister des Bergbaues gewesen. Guericke will vielmehr Art und Wesen der «Weltkräfte» erkennen – Grundlagenforschung treiben, würden wir heute sagen.

Spekulationen über den leeren Raum, die er in den «Meditationes» des französischen Philosophen René Descartes vom Jahre 1641 gelesen hat, führen Guericke zu seinen ersten Versuchen. Er will mit eigenen Augen nachprüfen, ob die Natur keinen leeren Raum dulde, denn «bei Fragen der Naturforschung hat es gar keinen Wert, schön reden und gut diskutieren zu können. Wo man Tatsachen reden lassen kann, braucht man keine gekünstelten Hypothesen». Freilich – die Tatsachen scheinen zunächst für den «horror vacui» zu sprechen, die «Furcht vor dem Leeren», die in der Natur herrschen soll: Als Guericke um das Jahr 1650 seine erste Luftpumpe baut – er fängt mit einer gewöhnlichen Handfeuerspritze und klei-

nen Fässern an, aus denen das Wasser herausgepumpt wird – und einen luftleeren Raum erzeugen will, hält das benutzte Faß nicht dicht. Auch als er es in ein größeres, abermals mit Wasser gefülltes Gefäß stellt, dringt Wasser in die entstehende «Leere» nach. Jetzt versucht er es mit einer kupfernen Kugel; sie ist nicht genau genug gearbeitet und wird deshalb zusammengedrückt, «wie man ein Tuch zwischen den Fingern zerknittert». Dann aber glückt der große Wurf: Es gelingt ihm tatsächlich, eine neue, sorgfältiger hergestellte Kupferkugel luftleer zu machen, zunächst durch Auspumpen des in ihr enthaltenen Wassers, bald darauf aber auch direkt durch unmittelbares Entfernen der Luft selbst. Und nun stellt Guericke eine Fülle von Experimenten an, bewundernswert in der Anlage wie in der Durchführung. Er entdeckt, daß im luftleeren Raum weder ein Licht brennen noch ein lebendes Wesen existieren kann, und kommt zu tiefen Einblicken in das Wesen der Luft: «Sie ist ein körperliches Etwas, die Wärme dehnt sie aus, die Kälte zieht sie zusammen, sie läßt sich zusammendrücken, doch hat die Verdichtung ebenso eine Grenze wie die Verdünnung. Die Luft besitzt Gewicht und drückt sich selbst, sie drückt auf alles, sie nimmt Schall und Geruch auf wie Feuchtigkeit und Dämpfe», und er nennt auch bereits eine greifbare Zahl: «Der Luftdruck ist gleich dem einer neunzehn Magdeburgischen Ellen», also zehn Meter, «hohen Wassersäule» – das sind jene zehn Meter Wassersäule, die der dreiviertel Meter hohen Quecksilbersäule entsprechen, wie sie Galileis Meisterschüler Torricelli im Jahre 1643 als Maß des Luftdrucks gefunden hatte, als er anstatt des Wassers das dreizehnmal schwerere Metall wählte.



Guerickes berühmter Versuch mit den «Magdeburger Halbkugeln»

Weltberühmt geworden ist Guericke durch seinen Großversuch, bei dem es zwanzig Pferden nicht gelang, die luftleer gepumpten «Magdeburgischen Halbkugeln» auseinanderzureißen. Er hat dies allerdings nicht, wie immer noch behauptet wird, auf dem Regensburger Reichstag des Jahres 1654 vorgeführt – damals zeigte er zum ersten Male einem größeren Gremium von führenden Männern seiner Zeit die Wirkungsweise seiner Luftpumpe und erfuhr auch von Torricellis Versuchen –, sondern erst drei Jahre später in seiner Heimatstadt Magdeburg. Auf dem Regensburger Reichstag hat Guericke in einem anderen, nicht minder eindrucksvollen Versuch die Kraft des äußeren Luftdrucks gezeigt: eine Anzahl kräftiger Männer mußte mit Hilfe eines Seils den Kolben in einem großen Pumpenstiefel hochziehen. Wurde nun der Zylinderraum unter dem Kolben leergepumpt, so trieb die Außenluft den Kolben gewaltsam in den Zylinderraum zurück, und die haltenden Männer wurden durch den Ruck umgerissen. Dieser und ähnliche Versuche (Tafel S. 36) haben ihre besondere Bedeutung dadurch erlangt, daß die Herstellung eines Vakuums unter dem Kolben entscheidend für die spätere Entwicklung der Dampfmaschine wurde. Im Jahre 1662 gibt er seiner Luftpumpe die endgültige Form; als kostbare Reliquien werden heute noch drei solcher Pumpen gehütet, eine in Braunschweig, eine zweite, die sich zuvor in der Berliner Königlichen Bibliothek befunden hat, im Münchner Deutschen Museum und eine dritte im Physikalischen Institut der Universität von Lund in Schweden. Im gleichen Jahre 1662 hat Guericke auch das Manometer erfunden.

Die Abhängigkeit der Wetterlage von der Höhe des Luftdrucks erkannte Otto von Guericke ebenfalls. In seinem Magdeburger Hause stand seit 1662 ein durch alle Stockwerke führendes Wasserbarometer, in dem ein holzgeschnitztes «Wettermännchen» auf und ab stieg und manchen Sturm schon Stunden vorher ankündigte. Guericke wußte auch um die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhenlage; ein Versuch im Harz freilich mißglückte, da der Diener das Instrument zerbrach.

Auch auf anderen Wegen suchte Guericke den Weltgeheimnissen nahezukommen. Er stellte Überlegungen über die Kometen an, wobei er bereits die Meinung vertrat, ihre Wiederkehr würde sich rechnerisch bestimmen lassen. Und weil er hinter das Rätsel der Kräfte kommen wollte, die in der Erdkugel wirken, baute er in Anlehnung an den kugelförmigen «Magneten», mit dem William Gilbert um das Jahr 1600 den Gesetzen des Erdmagnetismus nachgespürt hatte, die erste Elektrisiermaschine: Eine auf einer eisernen Achse drehbare Schwefelkugel von der Größe eines Kinderkopfes, die ihre Ladung durch Reibung mit der trockenen Hand erhält. An ihr entdeckte er das Gesetz der Abstoßung gleichnamiger elektrischer Pole – eine Flaumfeder wird angezogen und gleich darauf abgestoßen –,

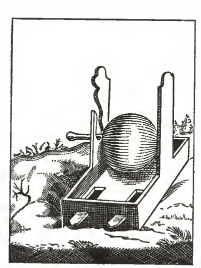
die Leitfähigkeit verschiedener Stoffe, das Leuchten der Kugel im Dunkeln, die entladende Wirkung der Flamme und die Influenzwirkung, die Tatsache also, daß ein Körper schon elektrisch wird, wenn man ihn der geriebenen Kugel nur nähert. Den elektrischen Funken hat der große Leibniz zum erstenmal im Jahre 1671 an einer ihm von Guericke gesandten Schwefelkugel beobachtet.

Im Jahre 1681 verläßt Guericke seine Vaterstadt; er hat zuvor noch alle Bitternis des Undanks seiner Mitbürger auskosten müssen. In Hamburg, im Hause seines Sohnes, ist er am 11. Mai 1686 gestorben.

Eine der Luftpumpen, mit denen Otto von Guericke seine aufsehenerregenden Experimente unternommen hat

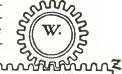
Guericke selbst hat schon daran gedacht, den Druck der Luft «zur Vermehrung menschlicher Kräfte» nutzbar zu machen; er ist zur Ausführung nicht mehr gekommen. Aber von seinen Versuchen, die er in dem prächtigen, 1672 in Amsterdam erschienenen Werk «Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio – Sogenannte Magdeburger Versuche über den Leeren Raum» zusammengefaßt hat, führt eine direkte Linie zu Huygens' Schießpulver-Motor und von dort zu den Dampfmaschinen von Papin, Newcomen und Watt, aber auch zu Lenoirs Gasmaschine, zu Otto, Benz und Daimler wie zu Diesel.

Noch zu seinen Lebzeiten ist Guerickes Werk mit den schönen Worten gewürdigt worden: «Wenn Sie, mein hochgeehrter Herr, nichts anderes jemals erfunden oder entdeckt hätten als die Kugel von wunderlicher Wirkung zur Erleuchtung menschlicher Weisheit und die Ausschöpfung der Luft zur Vermehrung menschlicher Kräfte, hätten Sie sich dem menschlichen Geschlecht genugsam verbunden.»



Mit dieser Schwefelkugel, die sich Otto von Guericke um 1670 gefertigt hat, beginnt die Erforschung der Elektrizität

Der große Leibniz bemühte sich auch um scheinbar nebensächliche Dinge. Hier das Bild eines Zahnrads mit Zahnstange aus einer Abhandlung von 1710, in der er sich mit der bestmöglichen Form der Zähne an Verzahnungen befaßt hat



Der Mann, der diese Worte geschrieben hat, war Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), der wohl bedeutendste wissenschaftliche Kopf seiner Zeit. Als Mathematiker, als Philosoph, als Staatsmann und als Physiker, als Historiker und Techniker hat er Außergewöhnliches geleistet – ein Polyhistor in des Wortes wahrster Bedeutung. Unabhängig von Newton hat er die Infinitesimalrechnung geschaffen, die schnell zum unentbehrlichen Rüstzeug für Physik und Technik werden sollte. Insbesondere durch seine ausgedehnte Korrespondenz hat er beratend und anregend auf seine Zeitgenossen eingewirkt. So rührt beispielsweise der Vorschlag des selbsttätigen Öffnens und Schließens der Ventilhähne in einem Brief an Papin vom 4. Februar 1707 von ihm her – ein Vorschlag, der erst um 1712 an der Newcomen-Dampfmaschine durch Humphrey Potter verwirklicht wurde. Der Grundgedanke des Heißluftmotors geht auf ihn zurück, und seinem Einfluß ist die allgemeine Einführung der Hautsch'schen Feuerspritze zu verdanken. Auch in kriegstechnischen Dingen war Leibniz seiner Zeit voraus, wenn er 1670 in seinen «Gedanken der teutschen Kriegsverfassung» etwa den Vorteil von Hinterlade- und Repetiergewehren hervorhob. Er schlug Ludwig XIV. den Bau eines Kanals vom Mittelmeer zum Roten Meer vor, um Denken und Handeln des «Roi Soleil» von Deutschland abzulenken. Er erdachte, von philosophischen Spekulationen ausgehend, das Dual-Zahlensystem, das alle Zahlen nur mit den Ziffern 0 und 1 darzustellen gestattet (die Zahl 23 sieht im Dualsystem so aus: 10111). Ursprünglich als philosophisch-mathematischer Ausdruck dafür gedacht, daß die Welt mit allem in ihr Befindlichen durch Zahlen zu erfassen und daß dieses in Zahlen zu begreifende All aus dem Zusammenwirken von Gott (1) und dem Nichts (0) entstanden sei, ist Leibniz' Dualsystem heute das bevorzugte System der Elektronenrechenmaschine.

Auch die Rechenmaschine ist durch Leibniz einen entscheidenden Schritt vorwärts gebracht worden. Vor ihm hatte bereits 1623 der Tübinger Professor Wilhelm Schiekart eine konstruiert, dann Pascal. Als dieser noch als junger Mensch die sehr komplizierten Abrechnungsverfahren sah, wie sie die französischen Steuerbeamten, denen sein Vater vorstand, zu bewältigen hatten, da bemühte er sich um eine Maschine, die addieren und subtrahieren konnte. 1645 – damals war Pascal 22 Jahre alt – war das erste brauchbare Exemplar fertig. Rund 30 Jahre später, 1673, wurde die

Rechenmaschine von Leibniz durch Einbau der sogenannten Staffelwalze so vervollständigt, daß man nunmehr maschinell auch multiplizieren und dividieren konnte (Tafel S. 424).

Auch mit der Gründung der Berliner Akademie der Wissenschaften im Jahre 1700 nach seinen Plänen hatte Leibniz das «Zeichen der Zeit» begriffen, waren doch überall in Europa wissenschaftliche Gesellschaften und Akademien entstanden, von denen nicht wenige sich der jungen Naturwissenschaft und der technischen Nutzung ihrer Erkenntnisse widmeten. Ihre ersten waren die Accademia secretorum naturae, 1560 in Neapel gestiftet, und die Accademia dei Lincei (Rom 1603), der auch Galilei angehört hat. 1652 folgte in Deutschland die von dem Schweinfurter Arzt Johann Lorenz Bausch gegründete Academia Naturae Curiosorum, die noch heute als «Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina» blüht; 1662 wurde eine private Vereinigung englischer Forscher, das durch Bacons «Nova Atlantis» inspirierte und seit 1645 wöchentlich tagende «Unsichtbare Collegium», als «Royal Society of London for Improving Natural Knowledge» privilegiert, und 1666 gliederte der für Wissenchaft, Technik und Industrie besonders aufgeschlossene Minister Jean Baptiste Colbert den beiden bereits bestehenden, auf dem Gebiet der Geisteswissenschaften tätigen Institutionen, der Académie Française von 1635 und der Petite Académie von 1663, als dritte die Académie des Sciences an.

Leibniz hat unendlich viel geleistet, aber die letzten Jahre seines Lebens wurden verbittert durch die Ungnade seines Herzogs Ernst August von Hannover, und die Mitwelt gedachte des Genies kaum noch. Einsam starb er am 14. November 1716, niemand kümmerte sich um seine Beerdigung. Nur ein Franzose, Bernard le Bovier de Fontenelle, ehrte den großen Gelehrten mit einem Nachruf in der Pariser Akademie der Wissenschaften.

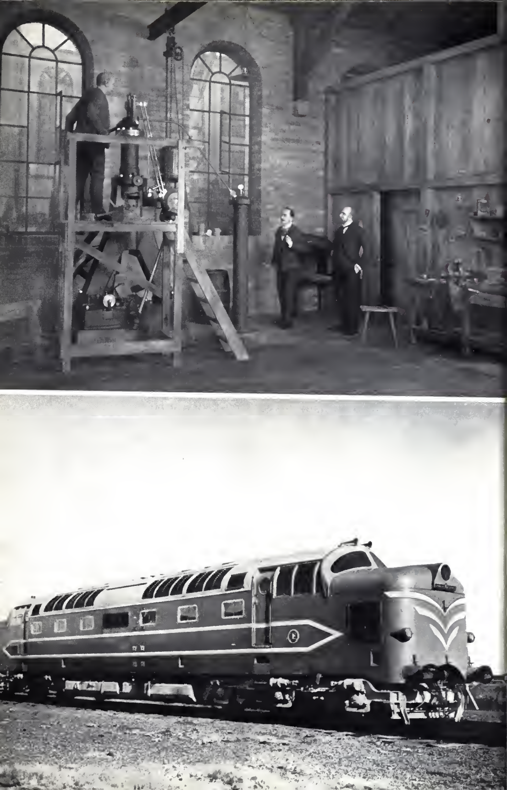
In diesen Akademien und in zahlreichen anderen wissenschaftlichen Sozietäten, Collegien und Sodalitäten, die damals geradezu aus der Erde schossen, wurde durchaus nicht nur das betrieben, was wir heute zweckfreie Forschung nennen. Im Gegenteil, diese gelehrten Herren mögen oft genug ihre mit mächtigen Perücken geschmückten Köpfe zusammengesteckt und darüber disputiert haben, wie man die Kraftmaschinen verbessern und ob man nicht eine neue Maschine mit neuer Antriebskraft finden könne. In den Worten unserer Zeit ausgedrückt würde das bedeuten: Wenn eine bestimmte Art von Kraftmaschinen, beispielsweise das Wasserrad oder der Pferdegöpel, ihre optimale Leistungsmöglichkeit erreicht hat und den steigenden Anforderungen, etwa im Bergbau, nicht mehr gerecht wird, dann beginnt man darüber nachzudenken, wie man die unzulängliche Maschine durch eine neue ersetzen oder ob man nicht eine neue Antriebskraft finden könne. Die für heutige Begriffe unerhört überdimensionierte Maschine von

Marly leistete an Pferdekräften etwa so viel wie ein Automobilmotor – praktisch war das ein lächerlich geringer Nutzeffekt. Eine neue Antriebskraft? Da hatte doch Giovanni Branca 1629 – ähnlich wie schon Leonardo – eine Art Dampfstrahlgebläse, einen «Püsterich», gezeichnet, der eigentlich nur eine Abwandlung der alten Aeolipile des Heron war. Auch Salomo de Caus hatte sich mit dem Dampf beschäftigt und 1615 in seinem Maschinenbuch sogar einen sehr einfachen Apparat beschrieben, um «Wasser mit Hilfe des Feuers höher zu treiben, als das Wasser steht». Und Giambattista della Porta hatte schon 1601 Versuche zur quantitativen Bestimmung, in wieviel Dampf eine bestimmte Menge Wasser sich auflöse, angestellt. Der Gedanke lag also in der Luft, nach einer technischen Anwendungsmöglichkeit des gespannten Dampfes zu suchen – und mit diesem Gedanken beginnt die romantische Vorgeschichte der Dampfmaschine. Auffallend viele Leute haben sich damals, wie Max Geitel gezeigt hat, vom Dampf als einer neuen Energiequelle etwas versprochen, sind mit Vorschlägen und Konstruktionen an die Öffentlichkeit getreten und haben gar Patente erhalten.

Angeregt durch das Werk von Salomon de Caus begann Edward Somerset, zweiter Marquis of Worcester († 1667), 1628 mit seinen Dampfversuchen, die ihn sein ganzes Leben beschäftigen sollten. Wenn ihm laut Parlamentsakte vom 3. Juni 1663 auf eine primitive Hochdruckdampfmaschine ein Privileg auf 99 Jahre erteilt wurde, so ist es dennoch unklar, um was es sich eigentlich wirklich gehandelt hat. Eine sehr kurze, vielleicht absichtlich dunkel gehaltene Beschreibung findet sich in dem Büchlein, das der erfinderische Marquis im gleichen Jahre veröffentlicht hat und 100 Erfindungen verschiedener Art enthält, die größtenteils phantastisch und wertlos sind. Mit Bestimmtheit läßt sich nur sagen, daß das von ihm in Vauxhall gebaute hydraulische Wasserhebewerk keine Kolbendampfmaschine war; der Physiker Jean Théophile Desaguliers behauptete allerdings 1725, Thomas Savery habe mit seiner Dampfpumpe, mit der er 1698 hervortrat, ein Plagiat an Worcester begangen. Auf jeden Fall erwies sich auch diese Konstruktion, die durch den Wechsel von atmosphärischer und direkter Wirkung gekennzeichnet ist, als unzulänglich. Die Konstruktion des wackeren Marquis of Worcester führte in eine Sackgasse.

AUTOS VON EINST UND JETZT: 1875 baute Siegfried Marcus in Wien seinen Benzinmotorwagen (oben links), 1885 Gottfried Daimler das erste Motorrad (darunter), im Jahr darauf die erste vierrädrige Motorkutsche (rechts oben). Darunter der Dreirad-Motorwagen von Karl Benz (1887). Henry Ford machte mit seinem «Modell T» (1905) das Auto zur Massenware. Ganz unten ein «Traumauto» von heute, der Cadillac Fleetwood 1959, darüber ein Prototyp des «Autos von morgen», ein Austin-Gasturbinen-Wagen





Auf dem Kontinent aber war man auf dem richtigen Wege. Der eigentliche Beginn der Geschichte der Dampfmaschine ist mit dem Namen des aus Blois gebürtigen Hugenotten Denis Papin (1647–1712) verknüpft. Sein Dampfkochtopf (1681), an dem erstmals das Sicherheitsventil mit veränderlicher Belastung Anwendung fand, ist noch heute allgemein bekannt. Papin kam, so merkwürdig das zunächst klingen mag, über die Gasmaschine zur Dampfmaschine, und zwar als Assistent von Christian Huygens.

Es lohnt sich, eine kleine Weile den Blick von den Anfängen der Dampfmaschine abzuwenden und ihn auf das Leben und das Werk dieses Christian Huygens zu richten, der für Wissenschaft, Weltbild und Technik des Barock nicht minder charakteristisch ist als etwa Otto von Guericke. Am bekanntesten ist er als Erfinder der Pendeluhr.

Die Zeit, die unaufhaltsam dahinströmende, zu messen, ihren gleichmäßigen Ablauf in miteinander vergleichbare Abschnitte zu gliedern – mit dieser Aufgabe hat sich die schaffende und forschende Menschheit seit den Tagen des Altertums immer wieder beschäftigt. Der Gang der Sonne und der Gestirne über die Himmelskugel gab die ersten Maßstäbe, Schattenzeiger – Gnomone – und Sonnenuhren waren die ersten Zeitmesser. Tropfendes Wasser, rinnenden Sand, langsam niederbrennende Kerzen benutzte man, bis um das Jahr 1350 nach Christus die Räderuhr auftauchte, deren Gang vom möglichst gleichmäßig gehemmten Niedersinken eines Gewichts bestimmt wurde. Wahre Wunderwerke an Kunstfertigkeit und Schönheit entstanden an den ragenden Türmen der Kirchen und Rathäuser und wiesen nicht nur die Stunden des Tages und den Lauf der Sonne, des Mondes und der Gestirne, sondern ließen auch figurenreiche Spielwerke sich bewegen. Genau freilich gingen sie nicht: Die launige Deutung der lateinischen Inschrift an alten Sonnenuhren: «Mors certa, hora incerta – der Tod ist sicher, die Stunde unsicher» als «todsicher geht die Uhr falsch» trifft für alle diese alten Räderuhren im vollen Umfang zu, so kunstreich ihre Verfertiger auch vorgegangen waren. Die als Hemmung eingebaute Spindel, die mit zwei Ansätzen in das «Steigrad» eingriff, oder die ebenso wirkende Waage arbeiteten so unexakt, daß die Uhren fast jede Viertelstunde gerichtet werden mußten. Nicht viel besser waren die im 15. Jahrhundert aufkommenden Federuhren, die um das Jahr 1500 Peter Henlein zu Nürnberg als erster so klein zu bauen verstand, daß man sie in der Tasche tragen konnte; auch ihr Gang war ungenau, denn die Spannkraft der Feder ließ,

RUDOLF DIESEL erprobt 1893 seinen Schwerölmotor auf dem Versuchsstand in der Maschinenfabrik Augsburg (oben). Unten eine moderne britische dieselelektrische Lokomotive (106 t Gewicht, 3300 PS, 145 km/h)

je länger die Uhr lief, um so mehr nach – die Uhr ging also immer langsamer im Gegensatz zur alten Spindeluhr, die mit sinkendem Gewicht immer schneller wurde. Freilich, das nach Zunft und Bruderschaft streng geordnete Gemeinleben des Mittelalters bedurfte einer bis auf Minuten und Sekunden genauen Zeitmessung nicht; noch genügte der Glockenschlag allein für Alltag und Feierstunde.

Erst als der Mensch der Neuzeit messend und wägend an die Erscheinungen der Natur heranging, als die ersten Fernrohre in die Tiefen des Weltalls drangen, erhob sich die Forderung nach genauer Messung der Zeit. Der Mann, der zum Begründer der modernen Naturforschung überhaupt geworden ist, hat denn auch sofort den rechten Weg zur präzisen Zeitmessung gewiesen: Galilei zog aus seiner Beobachtung, daß alle Pendel gleicher Länge im stets gleichen Zeitraum hin und her schwingen, unbeeinflußt davon, wie groß das am Pendel hängende Gewicht ist, den richtigen Schluß, daß man mit Hilfe des Pendels eine genaugehende Uhr müsse bauen können. Galilei allerdings war schon blind, als er auf diesen genialen Gedanken kam; erst ein halbes Jahrhundert später wurde er in die Tat umgesetzt, als unabhängig von Galilei Christian Huygens die erste Pendeluhr baute.

Am 14. April 1629 wurde Christian Huygens in Den Haag in Holland geboren. Sein Vater, Constantyn Huygens, Heer van Zuylichem, Dichter, Sprachforscher und Geheimsekretär dreier Prinzen von Oranien, sorgte für eine gründliche Ausbildung seines begabten Sohnes. Mit sechzehn Jahren bezog Christian die Universität in Leiden; er studiert die Rechte, doch wendet sich sein Interesse immer mehr der Mathematik und den damals mächtig aufblühenden exakten Wissenschaften zu. Längere Reisen durch Dänemark, Frankreich und England weiten das Gesichtsfeld des jungen Mannes. Optische Untersuchungen ziehen Huygens besonders an. Er versteht es, die Leistung des Fernrohrs durch bessere Linsen, die er zudem selbst schleift, zu steigern, entdeckt im Jahre 1650 einen Mond des Saturn und klärt die Natur des eigenartigen Ringes dieses Planeten, den er im «Systema saturnium» (1659) beschreibt. Besonders bedeutungsvoll ist das Jahr 1656. Mit seiner Abhandlung «De ratiociniis in ludo aleae» gibt er die erste wissenschaftliche Grundlegung der Wahrscheinlichkeitsrechnung, und im gleichen Jahr konstruiert er die Pendeluhr, die ihm von den Generalstaaten 1657 patentiert wird: In das Räderwerk der Uhr greift ein mit der Pendelstange verbundener Sperrhaken bei jedem Hin- und Hergang so ein, daß jedes Mal ein Zahn weiterrückt; da die Zähne des Räderwerkes den Reibungsverlust durch gleichmäßigen Anstoß des Pendels ausgleichen, der immer dann erfolgt, wenn das Pendel seine Ruhelage einnimmt, so schwingt das Pendel stets mit gleichbleibendem Ausschlag und gleichblei-

bender Schwingungsdauer. In seinem Werk «Horologium oscillatorium» (1673) gibt Huygens nicht nur genaue Beschreibungen und Zeichnungen seiner epochemachenden Erfindung; es enthält außerdem die Entdeckung des Schwingungsmittelpunktes eines physischen Pendels und eine mathematische Theorie der Evoluten und Evolventen. Schließlich hat Huygens in diesem fruchtbaren Jahr 1656 die Gesetze des elastischen Stoßes berechnet und gezeigt, daß nicht die Bewegungsgröße, sondern die «Lebendige Kraft» das Entscheidende bei dynamischen Vorgängen ist. Auch für die Regelung der Federuhr hat er eine bedeutsame Erfindung gemacht: Unabhängig von dem großen englischen Naturforscher Robert Hooke hat Huygens das Prinzip der Unruh gefunden.

Es ist kein Wunder, daß die wissenschaftlichen Akademien, die damals eine unvergleichlich größere Rolle spielten als heute, sich die Mitarbeit dieses bedeutenden Forschers sicherten. Im Jahre 1663 wird Huygens auswärtiges Mitglied der Londoner Royal Society, und drei Jahre später beruft ihn Colbert, der Minister Ludwigs XIV., als Mitglied in die neugegründete französische Akademie nach Paris. In dieser ebenso ehrenvollen wie gut besoldeten Stellung hat Huygens fünfzehn Jahre lang seinen Forschungen leben können, bis er 1681 wegen einer Krankheit in seine Heimat zurückkehrte. Am 8. Juni 1695 ist Huygens in Den Haag gestorben, aufrichtig betrauert von allen Mitbürgern der damals wie nie wieder blühenden europäischen Gelehrtenrepublik.

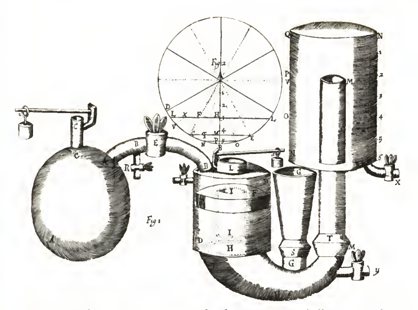
Huygens' bedeutendste Leistung ist jedoch nicht die Erfindung der Pendeluhr und ebensowenig die Verbesserung des Fernrohrs – mit deren Hilfe er auch als erster den Orionnebel untersucht und die Abplattung des Mars beobachtet hat –; es ist nicht die erste Verwendung seitlicher Beleuchtung vor dunklem Untergrunde am Mikroskop, die wir heute als «Dunkelfeldbeleuchtung» kennen; und so genial sein Einfall war, die Kristallform aus «Raumgittern» kleiner, gleich großer, unsichtbarer Teilchen herzuleiten, wie wir es heute dank Max von Laues Entdeckung tatsächlich wissen: Huygens unsterbliches Werk ist sein «Traité de Lumière», seine Abhandlung vom Licht, «ou sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la réflexion et dans la réfraction» vom Jahre 1690. Hier hat er die nach ihm benannte Wellentheorie des Lichts aufgestellt und mit ihr die Reflexion – Spiegelung – und die Refraktion – Brechung – des Lichts gedeutet. Im Gegensatz zu ihm meinte etwa um die gleiche Zeit Isaak Newton, ein Lichtstrahl sei ein vom leuchtenden Körper ausgeschleuderter Strom von Lichtkörnchen; bis in unsere Tage haben sich Huygens' Wellenlehre und Newtons Korpuskulartheorie nicht unter einen Hut bringen lassen. So vorzüglich die Wellentheorie zum Beispiel die Beugungserscheinungen des Lichts erklärte – es gab Beobachtungen, die nichts anderes als die New-

tonsche Deutung zuließen. Und erst die moderne Physik vermochte das Dilemma zu lösen, als sie mit dem «Prinzip der Komplementarität» von Welle und Korpuskel zeigte, daß ein solches Nebeneinander zweier Betrachtungsweisen durchaus zulässig ist.

Huygens Erfindung der Pendeluhr war nicht seine einzige technische Großtat. Bahnbrechend wurde er auch für die Entwicklung der Dampfmaschine. Schon 1666 hatte er den Vorschlag gemacht, die Arbeitsleistung des Schießpulvers und des Wasserdampfes zu erproben, und im Jahre 1673 notiert er sich die Aufgabe, «stets eine sehr bedeutende Triebkraft zur Verfügung zu haben, die keine Unterhaltungskosten erfordert wie Menschen oder Tiere». Er versuchte in Verfolg seiner Beobachtungen über den Luftdruck und seiner Experimente mit der Luftpumpe, eine atmosphärische Kolbenmaschine mit Pulver zu betreiben; bei der Verbrennung des Pulvers sollte ein luftverdünnter Raum entstehen, in den die Außenluft einen Kolben niederdrückt (s. Tafel S. 52).

Als Assistent von Huygens also hatte Papin 1673 in Paris dessen Versuche geleitet, einen Schießpulver-Explosionsmotor zu bauen. Aber dieser Motor, der tatsächlich, wenn auch in bescheidenstem Ausmaß, Arbeit leisten konnte, war lebensgefährlich. So versuchte Papin, wiederum durch Huygens angeregt, 1690 durch Kondensation von Wasserdampf einen luftverdünnten Raum unter dem Zylinder zu erzeugen. Damit wurde er zum Erfinder der ersten, wenn auch noch primitiven atmosphärischen Dampfmaschine, bei welcher der Zylinder zugleich als Kessel dient. 1698 baute Papin in Kassel für den Landgrafen von Hessen das erste Exemplar seiner Maschine. Ihr folgte 1706 eine weitere, die zum Wasserheben bestimmt war.

Am 17. September 1705 äußerte sich Papin noch recht optimistisch in einem Brief an Leibniz: «Ich habe zwei Mittel in meinem Bündel: Das eine besteht in der Seltenmachung von Luft, das andere in deren Zusammendrückung, glaube aber, daß es unnötig ist, hierauf einzugehen, denn mittels der Feuermaschine kann man überall und höchst billig solch große Kräfte entfesseln, daß es überflüssig ist, andere aufzusuchen. Man braucht hierzu nur diese Maschine zu vervollkommnen, und ich halte dies für so wichtig, daß ich entschlossen bin, davon nur im Falle der Not abzustehen.» Der Landgraf von Hessen aber verlor das Interesse an Papins Arbeiten, wie er schon 1691, als Papin sein Tauchboot baute (s. S. 236), sich dahin äußerte, er sei ein Landgraf, aber kein «Seegraf». Papin wurde entlassen; in England hoffte er mehr Glück zu finden. Papins Versuche haben wohl zu der Legende geführt, er habe im Jahre 1712 über Fulda und Weser in einem Dampfschiff England erreichen wollen. Ein solches Dampfboot hat Papin aber gar nicht gebaut, sondern ein mit Handkurbeln bewegtes Schaufelradschiff, das die Weserschiffer zerstörten, weil er sich nicht um



Papins Dampfpumpe von 1706: Links der etwa einen halben Meter breite Kessel mit dem Sicherheitsventil, in der Mitte der Zylinder D-D mit dem Kolben F-F, rechts der Windkessel

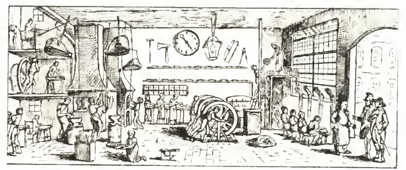
ihre Privilegien gekümmert hatte. Der Einbau einer Dampfmaschine in ein Schiff war allerdings von Papin geplant gewesen.

In England hoffte er auf Aufträge, kam aber dort sehr ungelegen und fand auch bei der Royal Society keine Unterstützung. Er scheint noch im Jahre seiner Ankunft 1712 in London gestorben zu sein.

Inzwischen hatte Thomas Savery mit seiner 1698 erfundenen Dampfpumpe einige Erfolge gehabt, die er unermüdlich anpries, und jetzt war auch Thomas Newcomen mit einer verbesserten Kolbendampfmaschine an die Öffentlichkeit getreten. Thomas Newcomen (1663–1729), Grobschmied und Eisenhändler, baute seit 1700 an einer atmosphärischen Kolbenmaschine, bei der durch Balanzier und Gestänge die Kraft vom Arbeitszylinder auf eine Pumpe übertragen wurde. Um 1710 erfand er die Einspritzkondensation und führte sie in der Folge bei seinen «Feuermaschinen» ein. Die Maschine war von Saverys und Papins Konstruktion nicht unabhängig; seit dem Jahre 1712 wurde sie in Bergwerken zum Wasserheben verwendet, erstmals wahrscheinlich auf einer Zinnmine in Dudley Castle (Worcestershire). Für den unglücklichen Papin muß das eine schwere Enttäuschung gewesen sein.

Die vorherrschende Wirtschaftsform des Barock ist der Merkantilismus, für den der Reichtum eines Staates vor allem im Besitz von Edelmetallen lag; infolgedessen war man bestrebt, durch gesteigerte Warenausfuhr Gold und Silber aus dem Ausland hereinzubringen, die Einfuhr dagegen weitgehend zu drosseln, vor allem mit Hilfe von Schutzzöllen und Einfuhrverboten. Das wiederum bedeutete, möglichst viel selbst zu produzieren, und so förderte der Staat die heimische Industrie in sehr starkem Maße. Ein Hauptvertreter dieser Wirtschaftspolitik war der französische Finanzminister Colbert. Oft, besonders ausgeprägt in Frankreich, trat der Staat selbst als Unternehmer auf: bei der Gobelin-Manufaktur (1667), bei Spiegel- und Frittenporzellan-Manufakturen und Waffenfabriken. Ebenso verhielt es sich beispielsweise bei der 1679 zu München begründeten Tuchmanufaktur, in der 1690 2000 Personen beschäftigt waren (Tafel S. 224). In solchen Großbetrieben bahnte sich bereits die Industrialisierung an, denn sie hatten schon weitgehende Arbeitsteilung, wenn auch die technischen Hilfsmittel noch immer die gleichen waren wie die des Handwerks. Das zeigt sich auch in den Werkstättendarstellungen, die Christoph Weigel 1698 in seinem mit 211 Kupfern gezierten Werk über die «Haupt-Stände» gegeben hat; 86 dieser Bilder sind aus einem Kupferstichwerk der holländischen Künstler Jan und Caspar Luyken von 1695 übernommen.

Zu den Betrieben, die der Staat selbst in die Hand nahm, gehörte auch die 1710 ins Leben gerufene Porzellanmanufaktur zu Meißen, deren Beginn mit den Namen der Erfinder des europäischen Hartporzellans verknüpft ist: Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651–1708) und Johann Friedrich Böttger (1682–1719). Selbst in neueren Büchern und Nachschlagewerken findet man immer wieder Böttger als europäischen Erfinder des Porzellans angegeben, und so hört man es wohl auch jetzt noch von



In der französischen Staatsmanufaktur für Stahlwaren (nach einem Kupferstich von 1783)

Keramikern. Die Historiker der Naturwissenschaften und der Technik aber haben sich für Tschirnhaus entschieden, der auch im ganzen 18. Jahrhundert als der eigentliche Erfinder galt – und das mit Recht.

Tschirnhaus war ein zu seiner Zeit weitberühmter Physiker und Mathematiker, der mit Leibniz befreundet war und wie dieser mit den Größen der Wissenschaft in Gedankenaustausch stand. 1682 wurde er zum Mitglied der Französischen Akademie der Wissenschaften ernannt – eine Auszeichnung, die um so höher einzuschätzen ist, als Tschirnhaus seit der Ernennung von Leibniz, die sieben Jahre zuvor erfolgte, das erste neugewählte auswärtige Mitglied war.

Gelegentlich seiner dritten Reise nach Paris im Jahre 1682 lernte Tschirnhaus die außerordentliche Wirkung der von François Villette in Lyon erbauten Brennspiegel kennen, mit denen man auch sehr schwerflüssige Metalle innerhalb weniger Minuten zum Schmelzen bringen konnte. Heimgekehrt, machte sich Tschirnhaus alsbald an die Verbesserung der Brennspiegel und Brenngläser und erzielte Ergebnisse, von denen zeitgenössische Berichte geradezu Märchenhaftes zu erzählen wissen. Er gründete in Sachsen mit staatlicher Unterstützung Glashütten und Schleif- und Poliermühlen, sein Hauptinteresse aber galt nach wie vor der Erzeugung hoher Hitzegrade mit Hilfe seiner großen Brennspiegel und -linsen und den Versuchen, mit ihnen schwer schmelzbare Substanzen wie Bimsstein, Dachziegel, Schiefer, Tonscherben und ähnliches zu schmelzen bzw. zu verglasen. Die ersten Experimente dieser Art fielen in die Jahre 1688 bis 1691. Im Februar 1694 berichtete Tschirnhaus brieflich an Leibniz über seine Experimente und erwähnte dabei, daß diese ihn auf den Gedanken gebracht hätten, Porzellan zu erzeugen, das in Europa vielbewunderte, aber offenbar nicht nachzuahmende hauchdünne und steinharte Porzellan, das im Reich der Mitte wahrscheinlich seit dem 7. Jahrhundert hergestellt wurde. In den «Acta Eruditorum» – der ältesten deutschen, seit 1682 erscheinenden gelehrten Zeitschrift – erstattete er von 1687 bis 1699 fortlaufend über die Ergebnisse seiner planmäßigen Versuche Bericht.

Von 1697 bis 1699 stellte Tschirnhaus weitere systematische Versuche an über das chemische Verhalten von Erden und Silikaten bei hohen Temperaturen, wobei er bereits porzellanartige Massen (Aluminium- und Tonerdesilikate) gewann. Er erkannte zweifellos, daß zum Herstellen von Porzellan als Hauptbestandteil geschlämmte Tonerde nötig sei und ein Fließmittel (Feldspat) beigefügt werden müsse. Diese Erkenntnis darf man als den ersten Schritt zur Erfindung des europäischen Porzellans ansehen. In einem weiteren Brief an Leibniz vom 12. Oktober 1694 hob Tschirnhaus bereits ausdrücklich hervor, daß er seine weißen Porzellankügelchen ohne Zusatz von Salzen und Asche fabriziere, woraus zu schließen ist, daß er

den Unterschied zwischen Porzellan und Glas genau kannte. Sein Erzeugnis war also nicht eine Art Milchglas oder Frittenporzellan, die unter Zusatz von Salzen oder Asche bereitet werden. 1701 besuchte Tschirnhaus die Steingutfabrik und die Brennöfen zu Delft, wo man als «Ersatz» für das vielbegehrte und teure Import-Porzellan aus China die blau-weißen Delfter Fayencen herstellte. Hier zog er besonders über die Glasur Erkundigungen ein. Später sah er sich auch in der Frittenporzellanfabrik zu St. Cloud um. Und 1704 konnte er dem Sekretär des großen Leibniz, Johann Georg Eckhardt, Stücke seiner Porzellanerzeugnisse vorweisen, wobei er sagte, «die Chinesen könnten ohnmöglich den Porcelan anders als auf seine Manier machen». Ein Jahr zuvor schon hatte er seinem König, August dem Starken, den Entwurf zur Errichtung einer Porzellanmanufaktur vorgelegt, der aber in eine politisch ungünstige Zeit fiel und deshalb unbeachtet blieb.

Kurz danach kam ein aus Berlin geflüchteter Apothekergehilfe, Johann Friedrich Böttger, nach Dresden. Beim Apotheker Zorn in Berlin hatte er insgeheim alchimistische Versuche getrieben und 1701 seinem Chef angeblich eine völlig geglückte Probe seiner Kunst abgelegt. Das sprach sich herum, und der König von Preußen, ein in seiner funkelnagelneuen Würde sehr verschwenderischer Herr, verlangte alsbald die Einziehung des «Kerls». Böttger machte sich aus dem Staube. In Dresden bot er seine Dienste an; Gold allerdings hat er auch dort nicht herzustellen vermocht.

Im Jahre 1704 wurde auch Tschirnhaus zur Beaufsichtigung des anstelligen, aber unzuverlässigen «Laboranten» herangezogen, der seine «Arbeiten» hinter Schloß und Riegel zu leisten hatte, und wahrscheinlich hat es Böttger dem Gelehrten zu verdanken, daß er nicht das harte Schicksal früherer alchimistischer Glücksritter teilen mußte und am Galgen endete; denn Tschirnhaus zog ihn zu seinen keramischen Experimenten heran. Böttger wollte jedoch davon zunächst nichts wissen und bequemte sich erst auf höheren Befehl zur Mitarbeit. Das war 1707. Unter der Oberleitung von Tschirnhaus wurden die planmäßigen Versuche mit verschiedenen Erden und anderen Materialien fortgesetzt, wobei der mineralogisch wie auch chemisch be-



Ein Porzellan-Brennofen von 1774

wanderte Leibarzt Dr. J. Bartholomäi sowie zwei Bergknappen mitwirkten. Das Jahr 1708 brachte insofern eine wesentliche Förderung der Arbeit, als sich zwei Mineralsendungen als besonders geeignet erwiesen: einmal eine aus Aue bei Schneeberg im Erzgebirge gelieferte Probe Kaolin, das als beste Porzellanerde später Berühmtheit erlangte, und ein von dem genannten Leibarzt beigesteuerter Alabaster als Flußmittel. Das Schicksal wollte es, daß gerade zu diesem Zeitpunkt der geistige Leiter des Unternehmens sterben mußte; am 11. Oktober 1708 wurde Tschirnhaus plötzlich von der «Roten Ruhr» dahingerafft. Schnell folgten weitere Manufakturen, deren Erzeugnisse bald ebenso berühmt wurden wie die der ersten. Genannt seien nur Sèvres (Weichporzellan, zunächst in Vincennes, seit 1738, Hartporzellan seit 1761) in Frankreich, Worcester (1751) und Chelsea (1745) in England, Kopenhagen (1771) in Dänemark. Das «weiße Gold» wurde zur großen Mode. Kein Werkstoff hat aber auch so sehr dem Formgefühl der Zeit entsprochen, die das Barock abgelöst hat: Rokoko und Porzellan – das ist ein wunderbarer Zusammenklang.

Ratio und Maschine

Das 18. Jahrhundert gilt gemeinhin als die Zeit der Aufklärung und des Rationalismus, und diese Kennzeichnung trifft auch mindestens für die zweite Hälfte dieses Säkulums durchaus zu. «Vernunft» ist das große Modewort. «Vernünftig» will man die Welt begreifen, mit der «Raison» ihre Dinge ordnen, und dazu bedarf es der «Aufklärung», um den alten «Aberglauben» auszurotten. Aber gerade diese sich so aufgeklärt-rationalistisch gebärdende Zeit verfiel selbst dem hanebüchensten Aberglauben: Die gleichen Menschen oft, die der Vernunft auf den Thron verhelfen wollten, fielen auf okkultistische Schwindler, alchimistische Scharlatane und geisterseherische Rosenkreuzer herein – rationalistischer Materialismus und spiritistischer Aberglaube sind nicht nur damals Zwillingsgeschwister gewesen...

Wirtschaftsgeschichtlich gesehen blieb das merkantilistisch-kameralistische System noch gut einige Jahrzehnte ausschließlich in Geltung: Die staatlich gesteuerte Wirtschaft suchte soviel wie möglich auszuführen und so wenig wie möglich zu importieren. Erst in den letzten Jahrzehnten setzte sich der Liberalismus durch, der das selbständige Unternehmertum und den freien Wettbewerb wollte; zur Blüte gelangte er zuerst in England, wo Adam Smith (1723–1790) sein großer Vorkämpfer war.

Wollte man die Welt «vernünftig» begreifen und «raisonnable» in ihr wirken, so mußte man sie so genau wie möglich kennen, und wollte man das «Licht der Aufklärung» in den Köpfen der Menschen entzünden, so mußte man ihnen all das, was die Vernunft an Wissenswertem erkannt hatte (und nichts galt als nicht wissenswert!), möglichst allgemeinverständlich vermitteln. So kommt es, daß das Zeitalter des Rationalismus und der Aufklärung die Zeit der großen Enzyklopädien ist, die zum Teil noch in unseren Tagen fortwirken, und zwar nicht nur mit ihren Titeln und ihren Ordnungsprinzipien, sondern auch im geistigen Geschehen.

Der französische Philosoph Pierre Bayle (1647–1706) war es, der erstmals den Versuch unternahm, das gesamte Wissen seiner Zeit in einem Nachschlagewerk lexikalisch zusammenzufassen. Sein zweibändiges Werk «Dictionnaire historique et critique», das zuerst in den Jahren 1695 bis 1697 erschien, wurde später von Johann Christoph Gottsched in deutscher Bearbeitung (4 Bände, 1741–1744) herausgegeben. Bayle lehnte jeden Dogmatismus strikt ab und bekannte sich offen zu jenem Freidenkertum,

das in den seit 1717 aufkommenden Freimaurerlogen einen mit der Vernunft zu erkennenden und ausschließlich vernünftig handelnden «Weltenbaumeister» verehrte, um nur allzuschnell in den Obskurantismus und Mystizismus der Rosenkreuzerei, das «Schottische» und «Ägyptische System» oder die strikte Observanz abzusinken, ehe es zu seinem alten Ideal sittlicher Veredelung und echter Humanität zurückkehrte.

Es ist hier nicht der Platz, alle die großen enzyklopädischen Unternehmungen dieses daran so reichen Jahrhunderts abzuhandeln; genannt seien nur die auch für die Technikgeschichte noch heute wichtigen Werke.

Eines der großartigsten dieser Sammelwerke ist das «Große vollständige Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste», von 1732 bis 1754 in 64 Großfoliobänden und 4 Nachtragsbänden von dem Leipziger Verleger Johann Heinrich Zedler herausgegeben. Damals eine überaus reiche Quelle des Wissens, ist es noch heute ein überaus wertvolles Dokument für das Weltbild seiner Zeit. Eine wahre Enzyklopädie des Maschinenbaus ist das «Theatrum Machinarum» des Leipziger Mechanikus und Maschinenbauers Jakob Leupold (1674–1727), das von 1724 bis 1727 in 8 Foliobänden mit zusammen 472 Kupfertafeln erschienen ist; ein neunter Band folgte posthum 1739. Dieses Werk umfaßt die gesamte Technik: Maschinenbau, Wasserbau und Hydraulik, Hebezeuge, Brückenbau, Waagenbau und in einem späteren Ergänzungsband von Johann Matthäus Beyer den Mühlenbau (zuerst 1735). Leupold war ein Mann der Praxis und hatte europäischen Ruf. Seine Maschinen waren keine barocken Phantasiegebilde. Aufsehen erregte die große «Heuwaage», eine Fuhrwerkswaage, die er 1718 in Leipzig vollendete. Er suchte auch die Rechenmaschine zu verbessern und bildete nebst Erläuterungen in seinem «Theatrum Machinarum hydraulicarum» (1725) die neue englische Dampfmaschine von Newcomen ab, die er sogar vervollkommnete.

Wenn man von kleineren Werken, wie etwa dem «Spectacle de la Nature» von Noël Antoine Pluche (8 Teile mit rund 200 Kupfern, Paris 1732 bis 1750; später auch in deutscher Ausgabe), absieht, das die handwerklichen Gewerbe behandelt, so sind es zwei große Serienwerke technologischer Art, die eine grundlegende Bedeutung haben. Das eine ist ein von der Pariser Akademie der Wissenschaften lange vorbereitetes, im Sinne des Merkantilismus gedachtes Unternehmen, mit dessen Ausarbeitung schon 1711 der junge René Réaumur (1683–1757) beauftragt wurde, der aber das Erscheinen nicht mehr erleben sollte: die «Déscriptions des Arts et Métiers», von denen 121 Teile mit über 1000 Kupfern in den Jahren 1761 bis 1789 im Druck erschienen; die «Déscriptions» haben sehr wesentlich zur Vervollkommnung des französischen Manufakturwesens beigetragen. Hier sind die technischen Verfahren und handwerklichen

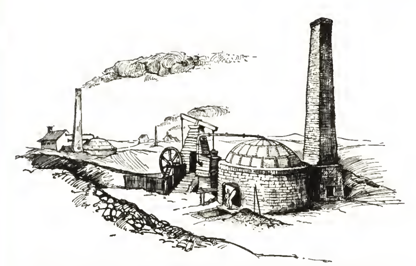
Künste in Wort und Bild ausführlich dargestellt. Im Jahre 1762 begann Johann Heinrich Gottlob v. Justi eine deutsche Übersetzung der «Déscriptions» herauszugeben, deren letzter (21.) Band erst 1805 erschienen ist.

Ziemlich gleichzeitig kam ein nicht minder groß angelegtes Werk heraus, das Weltgeschichte gemacht hat, denn es hat das geistige Fundament für die große Französische Revolution von 1789 gelegt. Es ist dies die von Denis Diderot (1713–1784) und Jean le Rond d'Alembert (1717–1783) redigierte «Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers», die in 35 Foliobänden und 12 Tafelbänden mit 3132 Kupfern in Paris von 1751 bis 1780 herausgekommen ist und auch einige Nachdrucke erlebt hat. Dieses Monumentalwerk sollte der Aufklärung dienen und war ganz vom Geist des Rationalismus beherrscht.

Wie die Herausgeber schrieben, beabsichtigten sie, «die über die Oberfläche der Erde verstreuten Erkenntnisse zu sammeln, daraus den Menschen, die mit uns leben, das allgemeine System darzulegen und es den Menschen, die nach uns kommen, zu überliefern, damit die Arbeiten der verflossenen Jahrhunderte nicht nutzlos gewesen sind für die folgenden, damit unsere Nachkommen, indem sie besser unterrichtet werden, auch tugendhafter und glücklicher werden, und damit wir nicht sterben, ohne uns um das menschliche Geschlecht verdient gemacht zu haben». Die technischen Abschnitte hat Diderot bearbeitet, der nicht müde wurde, seine Kenntnisse bei den verschiedensten handwerklichen und Manufakturbetrieben zu erweitern, wobei er manche Schwierigkeiten zu überwinden hatte, da die Handwerker keineswegs gleich bereit waren, ihre Geheimnisse preiszugeben. Überall in den technikgeschichtlich interessanten Darstellungen der Enzyklopädie ist wiederum festzustellen, daß zwar die Arbeitsteilung immer weitere Fortschritte machte, hinsichtlich der Antriebskräfte jedoch noch alles so gut wie beim alten blieb.

Nach dem Vorbild der «Encyclopédie» begann Johann Georg Krünitz von 1773 an seine «Ökonomisch-technologische Enzyklopädie» herauszugeben, die es bis zum Jahr 1858 schließlich auf 242 Bände brachte. Damals aber war die Saat der großen Werke, die das Zeitalter der Aufklärung geschaffen hatte, längst aufgegangen, und technisch stand man bereits tief in der Ära der Dampfmaschine, deren frühe Formen schon qualmten und stampften, als sich der aufgeklärte Mann von Welt sein Wissen und seine Gesinnung aus den Enzyklopädien zusammenlas.

Unter den Büchern, die aus dem Kreis der französischen Rationalisten gekommen waren, erregte eins besonderes Aufsehen: «L'homme machine – Der Mensch als Maschine» von Julien Offray de Lamettrie (1748). Die Maschine, das war eines der Zauberwörter der Zeit, da in England die ersten Dampfmaschinen in Betrieb genommen wurden.



Die «Feuermaschinen» prägten das Bild der ersten Industrielandschaft in England. Solche alten Dampfmaschinen sind in einzelnen Stücken bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in Betrieb gewesen

Newcomens Dampfpumpe hatte sich als eine wirtschaftlich brauchbare Maschine erwiesen, nachdem 1712 einige Verbesserungen – so die wasserdichte Lederung des Kolbens und die Einspritzkondensation – eingeführt worden waren, wodurch der Dampf schneller niedergeschlagen werden konnte. «Feuermaschinen» dieser Art, fürchterlich lärmende, entsetzlich qualmende Ungetüme, führten sich ziemlich rasch ein. Man nennt sie «atmosphärische Maschinen», weil der Dampf nur dazu diente, den atmosphärischen Luftdruck, der auf dem Kolben ruhte, zu überwinden, während der Arbeitshub dadurch erreicht wurde, daß der Dampf im Zylinder niedergeschlagen wurde, also ein Unterdruck entstand, und der Druck der äußeren Atmosphäre den Kolben wieder nach unten drückte. Diese Maschinen vollführten zwar nur einige wenige Hübe in der Minute, der Dampfdruck wurde nur unzureichend ausgenutzt, der Kohleverbrauch war groß – immerhin aber leisteten sie an den Pumpwerken des Bergbaues soviel, daß eine Newcomen-Maschine an die fünfzig Pferde ersetzte, die am Pumpengöpel hätten schuften müssen. Die erste, 1712 im Kohlenbergwerk von Dudley Castle aufgestellt, war noch 1725 im Betrieb. 1769 arbeiteten in Nordengland bereits 99 «Feuermaschinen». In Deutschland ließ Landgraf Karl von Hessen 1715 eine Newcomen-Maschine nach Kassel bringen und an der Wallmauer zum Antrieb eines Pumpwerks aufstellen, gar nicht weit von der Stelle entfernt, wo Papin seine Versuche

durchgeführt hatte. Diese Maschine blieb 50 Jahre lang an ihrem Platz, wenn sie auch nach einigen Jahren nicht mehr verwendet wurde; ihr großer Zylinder steht heute noch im Hof des Kasseler Museums. 1717 kam eine Newcomen-Maschine nach St. Petersburg, wo sie für die dortigen Wasserkünste benötigt wurde. 1727 stellte der schwedische Ingenieur Martin Triewald, der die Feuermaschine in den Bergwerken von Newcastle gesehen hatte, eine solche im Bergwerk zu Dannemor in Schweden auf. Josef Emanuel Fischer von Erlach, Sohn des großen Johann Bernhard Fischer von Erlach und wie sein Vater Baumeister, hat viel für die junge Dampfmaschine in Mitteleuropa getan. Er ist es gewesen, der die Kasseler Maschine aufstellte, er hat in den Silber- und Goldbergwerken von Kremnitz und Schemnitz in der (ungarischen) Slowakei dampfbetriebene Entwässerungsanlagen eingerichtet, er hat auch 1722 die erste Dampfmaschine für ein Pumpwerk nach Wien gebracht. Und dann kam ein – freilich noch verfrühtes – Projekt, das die Dampfmaschine nicht mehr nur für Bergwerkspumpen einsetzen wollte, sondern in die Zukunft wies: Im Jahre 1736 erhielt Jonathan Hulls ein englisches Patent für seinen Vorschlag, mit einer Newcomen-Dampfmaschine ein Schiff anzutreiben. Durch Seiltransmission sollte ein Heckschaufelrad in Drehung versetzt werden. Die wirkliche Geschichte des Dampfschiffes begann jedoch erst später (s. S. 225 ff.).

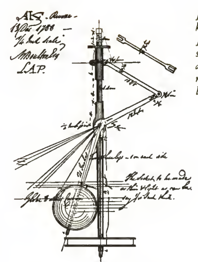
Die von Newcomen entwickelte und von John Smeaton verbesserte Dampfmaschine schaffte zwar qualmend und polternd einiges, aber ihre Kraft war beschränkt. Englands Bergwerke drohten zu ersaufen. Die Grubenbesitzer waren in heller Verzweiflung. Aus dieser Not rettete sie James Watt.

Am 12. Januar 1736 wurde James Watt in Greenock am Clyde geboren; er war das einzig überlebende von fünf Kindern eines Zimmermanns und Schiffsbauers, ein schwächliches Kerlchen, verträumt, nachdenklich, aber von scharfem Verstand und ungemein fleißig. Das war die rechte Begabung für den Beruf, der im Zeitalter der mechanischen Spielereien und Künste in hohem Ansehen stand – für den Beruf des Feinmechanikers. Watt lernte dieses Handwerk in Glasgow und London und wurde schließlich Universitätsmechaniker in Glasgow. Praktiker und Forscher rangen damals um die Verbesserung der Dampfmaschine, um die Lösung zweier Probleme: Wie kann man den Dampf zweckmäßiger, rationeller erzeugen, wie ihn besser zur Arbeitsleistung verwenden? Zu denen, die darüber nachdachten, gehörte auch der Glasgower Chemiker Joseph Black, der im Jahre 1757 den jungen Universitätsmechanicus für diese Fragen interessierte und ihn zu weiteren Versuchen anregte. Watt beschäftigte sich seit 1759 eingehender und dann 1763/64 sehr ausführlich mit der «Feuermaschine», als er nämlich den Auftrag bekam, in Glasgow das Modell einer atmosphärischen

Newcomen-Maschine zu reparieren. Er fand die Ursache für die außerordentlichen Wärmeverluste dieser Maschine: Der Dampf mußte im Zylinder erst durch Einspritzen von Wasser niedergeschlagen werden, um einen Unterdruck zu erzeugen. In seinem 1765 gefertigten ersten Modell trennte er deshalb den Arbeitszylinder vom Kondensator, also von dem Raum, in dem der Dampf niedergeschlagen wird, und schaltete eine Luftpumpe ein, so daß er das entstandene Vakuum aufrechterhalten konnte. Damit hatte er die erste brauchbare Dampfmaschine für große Leistungen erfunden. Am 5. Januar 1769 erhielt er auf dieses verbesserte Modell sein erstes Patent, jenes denkwürdige Patent 913, mit dem die erste industrielle Revolution beginnt: Das Zeitalter der Dampfmaschine, das Zeitalter der Industrie, das Zeitalter des Proletariats.

Inzwischen hatte Watt in dem Eisenindustriellen Dr. John Roebuck, der den Wert der Wattschen Maschine erkannt hatte, einen Teilhaber gefunden, der ihn 1768 mit dem großen Konstrukteur und Unternehmer Matthew Boulton (1728–1809) bekannt machte. Boulton hatte 1762 seine Metallwarenfabrik von Birmingham nach dem benachbarten Soho verlegt. Es kam zu einer fruchtbaren Zusammenarbeit, und 1774 siedelte Watt nach Soho über, wo er zäh und verbissen an die Arbeit ging, denn die Maschine bedurfte noch mancher Verbesserungen, um allen Anforderungen gerecht zu werden. Im Jahre 1776 schließlich wurde die erste Wattsche Dampfmaschine, gebaut von der Firma Boulton & Watt, in Fusham aufgestellt. Sie begründete den Ruf der Firma, die sich nach vielerlei Schwierigkeiten zur bedeutendsten englischen Maschinenfabrik entwickelte und ihre Inhaber zu reichen Leuten machte. Die acht Jahre zwischen dem Patent von 1769 und der ersten Maschine von 1776 waren allerdings voll von schwersten Sorgen, voll von Entbehrungen und Enttäuschungen für Watt gewesen. Aber er hatte zäh und unverdrossen weitergeschafft, und auch nachher arbeitete er an immer neuen Verbesserungen, wobei er oft zu neuen Erfindungen geradezu gezwungen war. So mußte er ein englisches Patent auf die längst gebräuchliche Kurbel umgehen: er baute fünf verschiedene Konstruktionen, beispielsweise das Planeten- oder Sonnenrad, auf das er 1781 ein Patent nahm (Tafel S. 53). 1784 erfand er die Führung der Kolbenstange durch das sogenannte Parallelogramm, das eine zwangsläufige Verbindung von Kolbenstangen und Balancier (dem Ausgleichshebel, wie ihn noch heute zum Beispiel jede Dampflokomotive hat) herstellt, und versah seine Maschine erstmals mit einem Zentrifugalregulator. Watts Patent N 1432 vom 28. April 1784 betrifft das Wattsche Parallelogramm – eine bahnbrechende Erfindung.

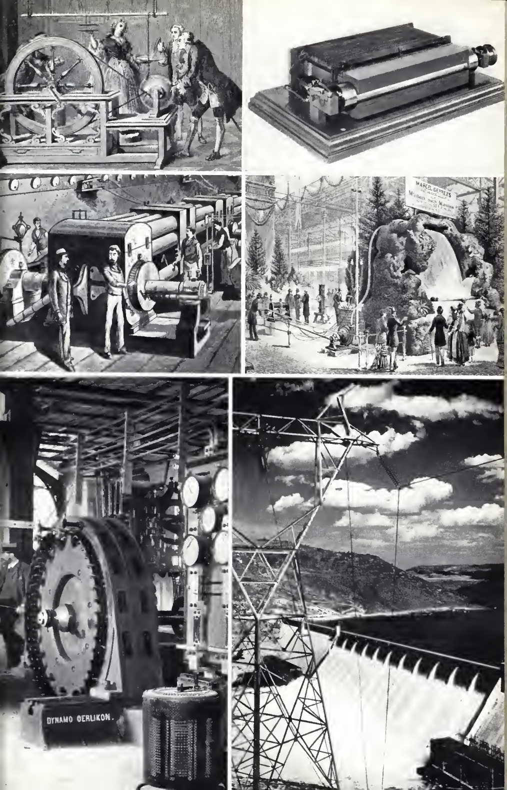
Vor Watt hatte man in England gesagt: «Wenn man im Bergwerk mit einer Feuermaschine entwässern will, so braucht man eine Erzgrube, um



James Watts eigenhändige Zeichnung seines Fliehkraftreglers zur Steuerung der Dampfmaschine. Je schneller die Maschine läuft, desto höher heben sich die Kugeln. Mit Hebeln wird diese Bewegung auf die Drosselklappe übertragen, die um so weniger Dampf zur Maschine treten läßt, je schneller diese läuft, und umgekehrt

erst einmal die Maschine zu bauen, und dann noch eine Kohlengrube, um sie zu heizen.» Jetzt pumpte die Wattsche Maschine die Kohlenbergwerke so gründlich aus, daß man die Stollen 30 und mehr Meter tiefer treiben und entsprechend mehr Kohle gewinnen konnte. Vor allem die tiefen Gruben von Cornwall brauchten eine leistungsfähige Wasserhaltung, und hier führte sich Watts Dampfmaschine von 1777 an gut ein. Bis zum Sommer 1780 hatte die Fabrik Boulton & Watt 40 Maschinen hergestellt, von denen die Hälfte allein auf die Bergwerke in Cornwall entfiel. Bis 1782 fand die Maschine fast nur zum Pumpen von Wasser und für Schmiedehämmer Anwendung, doch schon 1776 trieb eine Watt-Maschine ein Gebläse beim New Willey-Ofen bei Brosely in einer Eisenhütte des großen Industriellen John Wilkinson. Nachdem Watt aber aus der einfachwirkenden Hubmaschine ohne Drehbewegung die doppeltwirkende Dampfniederdruckmaschine mit Drehbewegung entwickelt hatte, fand sie auch in anderen

WELTMACHT ELEKTRIZITÄT: Die Erforschung der Elektrizität beginnt mit der Elektrisiermaschine; das Bild links oben zeigt die des Abbé Nollet von 1749. Die zweite industrielle Revolution leitet dann 1866 Siemens' Dynamo ein (rechts oben). Entscheidend wird das Jahr 1882: In New York läuft das erste öffentliche Elektrizitätswerk an, das Edison für die Lichtversorgung errichtet hat (Mitte links), und auf der Internationalen Elektrizitätsausstellung im Münchner Glaspalast wird erstmals gezeigt, daß eine elektrische Kraftübertragung über weite Strecken (57 km von Miesbach bis München) möglich ist (Mitte rechts). Neun Jahre später ist das erste Flußkraftwerk in Lauffen am Neckar fertig (unten links). Heute gibt es in allen Kontinenten mächtige Wasserkraftwerke mit gewaltigen Staudämmen (unten rechts)


MARCEL DEPREZ
DYNAMO OERLIKON.



RIVER THAMES
SOUTH LAMBETH
NORTH BRIXTON

Industriezweigen Eingang, so in Brauereibetrieben (1784), Ölmühlen, 1787 erstmals in der Baumwollspinnerei, 1786 in Mahlmühlen, ferner in Stärkefabriken und in der Glasindustrie. « Die Leute in London, Manchester und Birmingham sind ‚steammill mad' (dampfmühlenverrückt) », konnte Watt damals schreiben. 1800 schied er aus der Fabrik aus, die 1801 über 600 Personen beschäftigte. Nachfolger wurde sein Sohn. Watt durfte, was nicht allzuvielen Erfindern beschieden gewesen ist, den vollen Erfolg seiner Arbeit genießen und noch erleben, daß dank seiner Erfindung sein Vaterland die Führung in der Weltwirtschaft übernahm. Er sah noch das neue Zeitalter heraufkommen, die Epoche *seiner* Maschine, denn er ist erst am 19. August 1819 gestorben, in dem Jahr, in dem zum ersten Mal ein Dampfschiff – die « Savannah » – über den Atlantik fuhr. England ehrte den großen Erfinder dadurch, daß er in der Londoner Westminsterabtei im Kreise der Größten des Reiches beigesetzt wurde. Der Nachwelt aber ist sein Name lebendig geblieben in dem Begriff Watt für die Einheit der elektrischen Leistung.

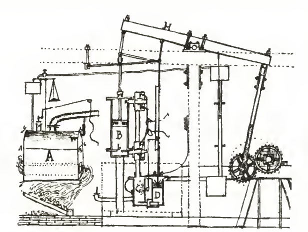
1783 wurde die erste in Deutschland und aus deutschem Material gebaute Dampfmaschine nach Wattschen Patenten auf Veranlassung Friedrichs des Großen für die Wasserförderung auf dem Schacht « Wilhelm » bei Hettstedt im Bezirk Merseburg in Betrieb genommen. Sie arbeitete hier bis 1793 und kam zwei Jahre später nach Löbejün (bei Merseburg), wo sie noch bis 1848 arbeitete. Eine aus England bezogene Maschine, die 1788 auf der Grube « Friedrich » bei Tarnowitz eingesetzt wurde, hat dort sogar bis 1857 ihren Dienst geleistet. 1798 kam die erste Dampfmaschine ins Ruhrkohlenrevier, auf die Zeche « Königsborn », und ein Jahr darauf erhielt Berlin seine erste Dampfmaschine, die in der Königlichen Porzellanmanufaktur aufgestellt wurde.

Die Weiterentwicklung der Dampfmaschine zu verfolgen, würde ein eigenes Buch erfordern. So seien hier nur die wichtigsten Daten der Fortentwicklung genannt: Wesentliche Verbesserungen der Steuerung bedeuteten die Corliss-Steuerung 1849 und die erste Ventilsteuerung 1867. Schon

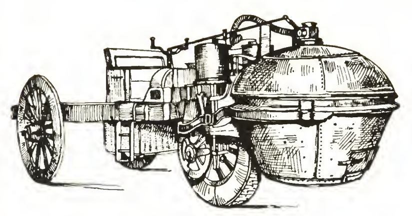
MASSENVERKEHRSMITTEL FÜR DIE STADT: Vorläufer der Eisenbahn, des Autos und der Straßenbahnen zugleich waren die englischen « Dampfkutschen ». Eine der ältesten, Trevithicks Konstruktion von 1801, zeigt das Bild links oben. Daneben – 100 Jahre später – die Dampftrambahn München-Nymphenburg (1883–1900). Eine neue Ära beginnt mit der ersten elektrischen Lokomotive, die Werner Siemens 1879 auf der Berliner Gewerbeausstellung zeigte. Schon zwei Jahre später fuhr die erste elektrische Straßenbahn durch den Berliner Vorort Groß-Lichterfelde (3. Bildreihe links), und 1890 wurde in London die erste elektrische Untergrundbahn (City-Stockwell; 5,1 km) in Betrieb genommen (3. Bildreihe rechts). Das Massenverkehrsmittel der Zukunft aber wird vielleicht die hoch über den Straßen auf nur einer Schiene laufende ALWEG*-Bahn sein*

1781 hatte Jonathan Hornblower die erste zweistufige Dampfmaschine gebaut und bereits 1812 Georg von Reichenbach, damals Königlich Bayerischer Salinenrat, jene Hochdruck-Dampfmaschine für 8 bis 12 Atmosphären, die noch heute im Münchner Deutschen Museum steht. Allerdings setzte sich die Dampfmaschine für höheren Druck erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durch, insbesondere dank der Pionierleistungen des in Kassel als Zivilingenieur wirkenden Wilhelm Schmidt (1858–1924), dessen Versuchsmaschine von 1886 bereits 60 Atmosphären Betriebsdruck hatte. Der gleiche Wilhelm Schmidt hat auch 1892 die erste Heißdampfmaschine gebaut.

Aber damit sind wir bereits bei den Dampfmaschinen der Gegenwart. Zurück also noch einmal ins 18. Jahrhundert zu den «Feuermaschinen»! Zur selben Zeit, da James Watt sein Patent bekam, hatte der Pariser Militäringenieur Nicolas Josef Cugnot (1725–1804) die damals kurios anmutende Idee, eine Dampfmaschine auf Räder zu setzen und mit ihr ein Gefährt anzutreiben. Er machte seine Versuche mit einem Dampfwagen, der Kanonen ziehen sollte, in den Jahren 1769/70 und ahnte wohl nicht, daß er damit den ersten tastenden Schritt auf einem Weg tat, der das Verkehrswesen von Grund auf umwälzen sollte. Cugnots Dampfgefährt war ein dreirädriger Wagen, auf dessen Vorderteil ein sehr einfacher Dampfkessel stand; hinter dem Kessel befand sich eine Dampfmaschine mit zwei Zylindern, die mit Hilfe eines Sperrwerks das Vorderrad bewegte. Die Steuerung bestand in einem mit entsprechenden Bohrungen versehenen Hahn, der von dem Kolben aus durch eine Kette bewegt wurde. Dieser Dampfwagen konnte 12 bis 15 Minuten lang mit einer Stundengeschwindigkeit von 4 km laufen, mußte aber dann anhalten, um von neuem Dampf



Im Jahre 1791 zeichnete Georg Reichenbach eine doppeltwirkende Wattmaschine mit Drehbewegung in sein «Englisches Tagebuch»



Cugnots Dampfwagen von 1769

zu sammeln. 1797 baute dann der Dampfmaschinen-Ingenieur Richard Trevithick (1771–1833) seinen ersten Dampfwagen (s. Tafel S. 156), nachdem schon Watt in einem Patent vom 28. April 1784 die Verwendung von Dampfwagen als Straßenfuhrwerke angekündigt hatte – in Erinnerung an einen früheren Versuch mit einem Dampfwagenmodell (1759). Wie die Entwicklung von Trevithicks Dampfwagen auch zum Dampfomnibus und zur Eisenbahn weiterging, wird auf Seite 196 ff. geschildert.

Was Denis Papin geplant, was Jonathan Hulls bei seinem Patent von 1736 vorgeschwebt hatte – Schiffe mit Dampfkraft anzutreiben –, das sollte nun zur gleichen Zeit, da Watt um die Verwirklichung seines grundlegenden Patents von 1769 rang, erstmals Wirklichkeit werden – freilich noch recht kümmerliche Wirklichkeit. Franzosen waren es, die den Anfang machten. Im Jahre 1772 erhielt Graf Auxiron ein französisches Privileg auf 15 Jahre, auf allen französischen Gewässern Dampfschiffahrt betreiben zu dürfen. Ein kleines Dampfboot, das zwei Jahre später fertig wurde, sank freilich bereits bei der Probefahrt auf der Seine. Im folgenden Jahre machte Jacques Constantin Périer in Paris eine Probefahrt mit einem kleinen Schiff, das durch eine Dampfmaschine von 2 PS Leistung angetrieben wurde. Einigen Erfolg hatte jedoch erst ein Dampfschiffchen des Marquis Claude-François Jouffroy d'Abbans, das sich im Juni 1783 eine Stunde lang in Gegenwart von 10 000 Personen auf der Saône bei Lyon gegen den Strom bewegte. Auch in den Vereinigten Staaten von Amerika fand die Dampfschiffahrt bald Eingang. So fuhr im August des Jahres 1787 auf dem Delaware das erste von John Fitch gebaute Dampfboot «Perseverance», das eine Stundengeschwindigkeit von 6,4 km erreichte. Dies war ein vielversprechender Anfang!

Noch bevor sich in England die Dampfmaschine eingeführt hatte, wandelt sich, zunächst langsam, dann aber sehr bald immer schneller im Gleichtakt mit dem Siegeslauf der Dampfmaschine die Welt der Arbeit: In England beginnt das Zeitalter der Industrialisierung, der fabrikmäßigen Massenherstellung von Waren aller Art durch selbständige Unternehmer. Hand in Hand wirken bald Dampfmaschine, Erfindergeist und Unternehmertum. Preist die eine Seite die neuen Maschinen als «Eiserne Engel», so sieht die andere Seite, die immer mehr in sozialem Elend absinkende Schicht derer, die an diesen Maschinen stehen, in den Dampfkesseln, mechanischen Webstühlen und Spinnmaschinen nichts als «Teufelswerk». Das alte, in seinen Zünften beheimatete, in seiner alten Ordnung ruhende Handwerk verfällt bis auf einen Teil, der sich recht und schlecht durchbeißt. An seine Stelle tritt der «Arbeitsmann». Und damit flammt ein Problem auf, das bis heute immer aufs neue die Menschen aufwühlt: das Problem «Mensch und Maschine». Freilich hatte auch diese Frage ihre Schatten bereits vorausgeworfen. Schon die alten Zünfte hatten sich gegen viele maschinelle Neuerungen eingestellt und sie zu unterdrücken versucht. So war es beispielsweise mit dem 1589 von William Lee erfundenen Strumpfwirkstuhl gewesen. Der ruhelose Johann Joachim Becher führte ihn um 1670 in Österreich ein und suchte ihn zu verbessern. Und nun ist es interessant zu sehen, wie sich «Johann Hassang, Frantzösischer Morastgräber», der pseudonyme Verfasser einer gegen Becher gerichteten technischen Satire «Jocosa Sapientia», um 1685 dazu äußert. Der «Morastgräber Hassang» nimmt den Strumpfwirkstuhl zum Exempel für unnütze, wenn nicht gar schädliche Erfindungen und schreibt: «Es hat einer ein Instrument erfunden, durch welches innerhalb 3 Stunden 1000 paar Strümpffe gewirckt werden. Wo bleiben aber so viel Million armer Leute, die sich mit strümpffstricken nähren und kümmerlich hinbringen müssen? Also inventirt mancher sondere Dinge, er siehet aber nicht cui bono, cui malo, oder was der daraus entspringende nutz und schade sey?» Damit ist im Kern bereits das charakterisiert, was dann ein Dreivierteljahrhundert später in England aktuell werden sollte: Die Befürchtung der Arbeiter, durch menschensparende Maschinen brotlos zu werden und die daraus entstehende «Maschinenstürmerei», und es liegt in des «Morastgräbers» Worten zum guten Teil auch die Problematik dessen, was wir heute Automation oder Automatisierung nennen.

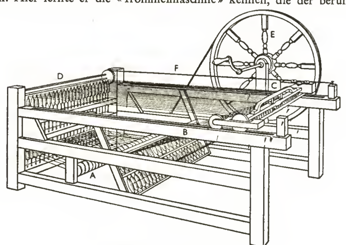
1733 erfand der Uhrmacher John Kay in Yorkshire den sogenannten Schnellschützen zur selbsttätigen Schiffchenbewegung beim Webstuhl, worauf er das englische Patent Nr. 542 erhielt. Der Steigerung der Webgeschwindigkeit folgte naturgemäß bald ein erhöhter Garnbedarf, und es setzte jenes Wechselspiel ein, das zu fortschreitender Mechanisierung der

Spinn- und Webmaschinen führen sollte. Und die zunehmende Mechanisierung wiederum führte zu schweren Unruhen, entfacht durch die Angst vor dem Arbeits- und Brotloswerden. Die erregten Weber zerstörten 1753 Kays Haus. Wenige Jahre später kam es erneut zu schweren Ausschreitungen, als der Strumpfwirkstuhl und die 1758 von einem Tuchfabrikanten Everett in Wiltshire mit Wasserkraft betriebene Tuchschermaschine eingeführt wurden. Was solche Maschinen an Arbeitspersonal einsparten, war allerdings in der Tat beträchtlich. Ein einzelner Mann konnte jetzt 4 bis 6 Schertische bedienen, während man vorher dazu 8 bis 12 Mann gebraucht hatte, die außerdem noch langsamer arbeiteten als die neue Maschine. Kein Wunder also, daß sich 1758 die Arbeiterschaft in Heytesburg zusammenrottete und die neue Fabrik anzündete. 1759 ersetzte die Regierung Everett den Verlust. Genauso war es, als 1767 James Hargreaves die Spinnmaschine erfand, die er nach seiner Tochter «Jenny-Maschine» nannte; 1770 wurde die Maschine patentiert. Bei der «Spinning Jenny» konnten durch einen Mann 8, ja 16 und mehr Spindeln zugleich bedient werden. Die Erfindung entfesselte bei Hargreaves' Kollegen – er war Weber und Zimmermann – einen Entrüstungssturm, da sie durch solche Maschinen arbeitslos zu werden befürchteten. Eine wütende Menge brach 1768 in seine Hütte ein und zertrümmerte die Maschine; Hargreaves und seine Familie kamen mit dem nackten Leben davon. Nicht besser erging es dem Erfinder der Spinnmaschine mit automatischer Garnzuführung durch Streckwalzen, Richard Arkwright, der ursprünglich Barbier war: Er mußte in dem gleichen Jahre 1769, in dem er das erste Patent auf seine Spinnmaschine erhielt, aus seinem Wohnort flüchten. Sechs Jahre später verbesserte er sie durch Wasserkraftantrieb ganz erheblich. Das ist um die gleiche Zeit, da die ersten «Feuermaschinen» qualmen und stampfen und Watt an seiner Dampfmaschine arbeitet! Im Jahre 1790 liefert England bereits rund 20000 «Spinning Jennies» und etwa 8000 Arkwrightsche «Waterspinnings». Nach Ablauf der Patente Arkwrights, die auf 12 Jahre gelaufen waren, zählte man in England in der Maschinenspinnerei 150000 Männer, 90000 Frauen und 100000 Kinder (!) bei der Arbeit. Arkwright selbst starb 1792 als reicher Mann auf seinem Schloß zu Crumford.

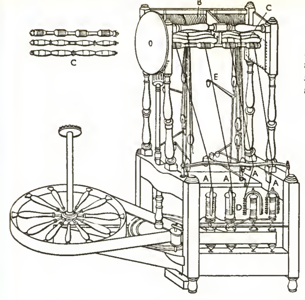
Wir sehen schon: Die «erste industrielle Revolution» bricht in der Textilfabrikation aus und erfaßt erst dann, mit Watts Dampfmaschine, die ganze übrige Welt der Arbeit. An dieser Stelle sei angemerkt, daß es irrig ist, wenn man von unserer Zeit der Atomenergie und der Automatisierung als von der Zeit der «zweiten industriellen Revolution» spricht. Das stimmt nicht. Denn zwischen der ersten großen Umwälzung in Technik, Industrie, Wirtschaft und Gesellschaftsstruktur und dem heutigen

Gestaltwandel liegt eine «zweite industrielle Revolution», hervorgerufen durch den Verbrennungs- und den Elektromotor. Diese beiden nämlich haben das Handwerk und den Kleinbetrieb davor bewahrt, der Großindustrie zu erliegen. Wir leben heute also im Anbruch der «dritten industriellen Revolution». Schlag auf Schlag folgen sich die technischen Neuerungen in der jungen Textilindustrie: 1784 baut ein Geistlicher, Dr. Edmond Cartwright, einen Maschinenwebstuhl, auf den er in den Jahren 1785 bis 1788 vier Patente erhält, die 1790/92 durch weitere Patente auf seine Wollkämm-Maschine ergänzt werden. Der Fabrikant Grimshaw aus Manchester verbesserte 1791 Cartwrights Webstühle; es kommt jedoch nicht zur Inbetriebnahme der Maschinen, weil Arbeiter die eben neu errichtete Fabrik vernichten.

Umwälzend für die Textilindustrie wirkte sich aber der mechanische Webstuhl von Josef Marie Jacquard (1752–1834) aus (s. Tafel S. 423). Jacquard, der aus der alten französischen Seidenweberstadt Lyon stammte, hatte das Buchbinderhandwerk erlernt, wurde dann Schriftgießer und schließlich Seidenweber. Schon vor 1790 tüftelte er daran herum, wie er den «Ziehjungen», der am Webstuhl für gemusterte Stoffe die vorgerichteten Schnüre nach bestimmter Reihenfolge anziehen mußte, durch einen Mechanismus ersetzen könne. Die Revolution unterbrach seine Arbeit für einige Jahre, doch 1801 konnte er sein erstes Patent auf einen mechanischen Webstuhl nehmen. Seine nächste Erfindung war eine Netz-Strickmaschine; in Paris wurde man auf den hellen Kopf aufmerksam und berief ihn in die Hauptstadt, ans Konservatorium für Kunst und Handwerk. Hier lernte er die «Trommelmaschine» kennen, die der berühmte



Hargreaves «Spinning Jenny»



Arkwrights Spinnmaschine mit automatischer Garnzuführung und Wasserkraftantrieb

Automatenbauer Jacques de Vaucanson (s. S. 188) 1745 konstruiert hatte. Jacquard sah diesem selbsttätigen Musterwebstuhl einiges ab, wandelte jedoch das, was er entlehnte, in geradezu genialer Weise um und schuf so schließlich in den Jahren bis 1805 den nach ihm benannten Jacquard-Webstuhl, bei dem das Aufziehen der Kettenfäden durch einen einzigen Tritt erfolgt und gleichzeitig die Kettenfäden mit Hilfe durchlochter Karten (entsprechend dem Muster) richtig gestellt werden. Mit diesem Webstuhl, an dem Jacquard bis 1808 weitere Verbesserungen anbrachte, wurde die Massenfabrikation von reichgemusterten Geweben auf dem ganzen Erdball eingeleitet. Auch Jacquard erlebte schwere Enttäuschungen. Mißgunst, Neid und Kurzsichtigkeit erschwerten ihm das Dasein. Zunächst sorgte ein Dekret Napoleons I. von 1806 dafür, daß die «Jacquard-Maschine» sich durchsetzte: Die Stadt Lyon wurde angewiesen, die Jacquardschen Patente gegen eine Jahresrente von 3000 Francs für den Erfinder zu erwerben. Allein der allgemeine Unwille über diese Erfindung bewog die Gewerksvorsteher von Lyon, die Maschine auf dem Terraux-Platz in Lyon in Gegenwart einer großen Volksmenge durch Arbeiter zerstören zu lassen. Ja, man bedrohte sogar mehrfach Jacquards Leben. Der Magistrat von Lyon entzog ihm seine Rente, und jahrelang mußte er um das nackte Dasein kämpfen. Aber er setzte sich dennoch durch. 1812 waren in Frankreich bereits 18 000 Jacquard-Webstühle in Betrieb, seit 1815 fanden sie auch in anderen Ländern Eingang. Dem Erfinder jedoch widerfuhr erst in seinem 67. Lebensjahr Gerechtigkeit; 1819 wurde er mit dem Kreuz der

Ehrenlegion ausgezeichnet. Große Bescheidenheit und Uneigennützigkeit waren seine hervorragendsten Charaktereigenschaften. 1840 setzte ihm dieselbe Stadt Lyon, in der sein erster Webstuhl öffentlich zerschlagen worden war, ein Denkmal.

In Jacquards «Karte», die das «Programm», die «Information» für den Webstuhl enthält, kann man übrigens den Ansatz zu jenen «Lochkarten» sehen, die in der heutigen Wirtschaft, in der Betriebsstatistik, in der Buchhaltung, aber auch in Technik und Wissenschaft unentbehrlich geworden sind. Ihre klassische Ausprägung haben sie in den Karten der mechanischen oder elektrischen Hollerithmaschinen gefunden (Hermann Hollerith hat diese 1890 zur statistischen Auswertung bei der Volkszählung in den USA eingeführt) (s. Tafel S. 424). Und selbst viele «Elektronengehirne» – die mit zahlreichen Schaltkreisen von Elektronenröhren arbeitenden modernsten Rechenmaschinen, die beispielsweise für die Multiplikation von zwei zehnstelligen Zahlen nur 0,003 Sekunden benötigen – erhalten ihre «Aufgabe» als «kartenprogrammierte Rechenautomaten» durch Lochkarten gestellt, im Prinzip als genauso wie Jacquards lochkartengesteuerter Webstuhl. Ein weiter Bogen also spannt sich von der ersten bis zur dritten industriellen Revolution. Und wie zu den Zeiten, da Watts Dampfmaschine und Jacquards Webstuhl die einen optimistisch in die Zukunft blicken, die anderen zu Maschinenstürmern werden ließ, so ist es auch heute: Neben jenen, die mit der dritten industriellen Revolution eine Ära des immer stärker verringerten menschlichen Arbeitsaufwandes und einer immer ausgedehnteren «Freizeit» heraufkommen sehen, erheben andere warnend ihre Stimme – wie es 1829 Goethe getan hat, als er in «Wilhelm Meisters Wanderjahren» schrieb: «Das überhand nehmende Maschinenwesen quält und ängstigt mich, es wälzt sich heran wie ein Gewitter, langsam, langsam, aber es hat seine Richtung genommen, es wird kommen und treffen. Man denkt daran, man spricht davon, und weder Denken noch Rede kann Hülfe bringen ...»

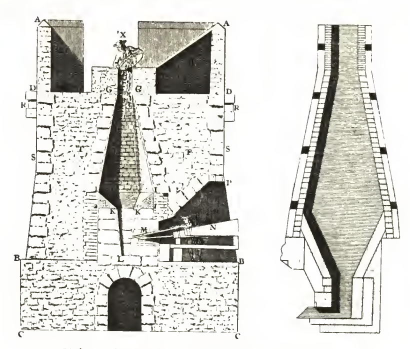
Das eiserne Zeitalter beginnt

Man muß das Wort «Eisernes Zeitalter» richtig verstehen: Natürlich kannte man das Eisen, seine Verhüttung und seinen Gebrauch im Abendland und im Orient seit rund 3000 Jahren, in Indien (Südindien und Dekkan) seit der Megalithkultur des 1. vorchristlichen Jahrtausends, in China seit dem 4. Jahrhundert vor der Zeitenwende. In den Vordergrund aber trat das Eisen erst ausgangs des 17. Jahrhunderts, in engem Zusammenhang mit dem Aufkommen der Dampfmaschine und der Mechanisierung der

Manufakturen, und das «Eiserne Zeitalter» begann dort, wo auch Dampfmaschine und Industrialisierung ihren Ausgang nahmen, in England.

Die englischen Eisenwerke hatten im 17. Jahrhundert schwere Zeiten durchzustehen, und nirgends zeigten sich Fortschritte. Daran war zum Teil der Bürgerkrieg unter Cromwell schuld, der die Eisenhütten der Königstreuen zerstörte. Hinzu kam noch der immer fühlbarer werdende Holzmangel. Die Eisenindustrie benötigte ja viel Holzkohle, und das hatte zu üblem Raubbau an den Waldbeständen geführt. Der Gedanke, Holz und Holzkohle im Hüttenwesen durch Steinkohlen zu ersetzen, tauchte daher schon verhältnismäßig früh auf. So ließ sich Dud Dudley (1599–1684), ein natürlicher Sohn des Lord Edward Dudley, der Eisenwerke zu Dudley besaß, schon 1613 ein Patent auf ein Verfahren zum Schmelzen von Erz mit Hilfe von Steinkohle, Torf usw. geben. Das Verfahren der Verkokung, also Entgasung der Steinkohle, hat er aber offenbar nicht erfunden. Dies gelang erst Abraham Darby dem Älteren (1676–1717), wenn man von dem Anspruch des Johann Joachim Becher absehen will, der 1680 in England Asyl suchte. Becher, der gute Beziehungen zu dem technisch interessierten Prinzen Rupprecht von der Pfalz besaß, behauptete nämlich in seinem Buch «Närrische Weisheit und weise Narrheit» (1682), das er in England schrieb, er habe in Windsor Koks «in grosso» hergestellt und aus Steinkohlen Teer gewonnen. Von einer Auswirkung dieser Erfindung ist aber nichts bekannt. Sicher ist jedenfalls, daß die Verkokung erst dem Quäker Abraham Darby vollkommen gelang. Dieser pachtete 1708 zu Coalbrookdale ein aufgelassenes Eisenwerk, und hier wurde ein Jahr darauf erstmals Koks im Hochofen verwendet. Sein Sohn Abraham Darby der Jüngere (1711–1763) übernahm später das Eisenwerk und gestaltete es zu einem führenden Unternehmen aus. Koks für den Hochofen wurde ähnlich wie die Holzkohle in Meilern erzeugt.

Bereits zu Beginn des 18. Jahrhunderts wurde in England die Zementstahlfabrikation betrieben. Prinz Rupprecht von der Pfalz (1619–1682) erhielt auf dieses Verfahren 1670 und 1671 je ein Patent. Dieser Prinz Rupprecht – der «Royal Cavalier» –, ein Sohn des Kurfürsten Friedrich V. und der englischen Prinzessin Elisabeth, war im Bürgerkrieg von 1642 bis 1645 Führer der royalistischen Reitertruppen gegen Cromwell, von 1648 bis 1653 der königstreuen Flotte. 1660 kehrte er nach England zurück. Für alles Technische war er höchst interessiert; er hat unter anderem das Prinz-Rupprecht-Metall erfunden, eine besondere Messinglegierung. Bei dem genannten Verfahren handelt es sich um die Herstellung von Stahl durch Aufkohlen von Schmiedeeisen mit Hilfe von Kohle bei Glühtemperatur. In Schweden wurde dieses Verfahren durch den Lütticher Münzmeister Markus Kock eingeführt, der 1655 auf der Davids-



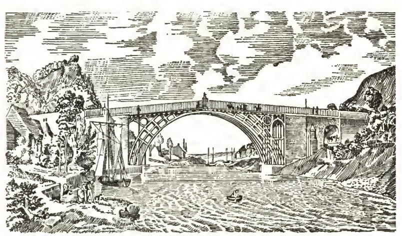
Links ein alter Hochofen für Holzkohle, rechts ein Kokshochofen, wie er seit 1709 die Eisenverhüttung revolutioniert hat

hütte in der Landschaft Dalarna eine Brennstahlhütte mit zwei Öfen anlegte. Die Verbesserung des Zement- oder Brennstahls war das Verdienst von Sir Ambrose Crowley, der 1682 in Sunderland ein Eisenwerk gründete, das er 1690 nach Winlaton bei Newcastle verlegte. Er zog auch Facharbeiter aus Lüttich und von anderwärts heran; wahrscheinlich gehörte zu diesen ein gewisser Bertram aus der Grafschaft Mark, der an der Verbesserung irgendwie beteiligt war, so daß in Newcastle noch bis ins 19. Jahrhundert hinein der Zementstahl schlechthin als «German Steel» bezeichnet wurde. Ein Nachkomme dieses halb legendären Bertram lebte noch ein Jahrhundert später in Newcastle. Die Bezeichnung «Deutscher Stahl» ist also offenbar nicht allein darauf zurückzuführen, daß im 16. und 17. Jahrhundert der beste Werkzeugstahl aus Deutschland, namentlich aus den österreichischen Alpenländern, nach England importiert wurde.

Der zunehmende Bedarf an Maschinen stellte im 18. Jahrhundert das Gießereiwesen vor immer neue Aufgaben. An die Stelle von Bronze trat jetzt überall Gußeisen, das um 1400 erfunden worden ist. Der große Ingenieur John Smeaton (1724–1792) benutzte es als einer der ersten beim

Maschinenbau auch dort, wo man bis dahin Holz verwendet hatte. Und damit brach das Eiserne Zeitalter endgültig an. Als Pionier dieser neuen Epoche gilt vor allem John Wilkinson (1728–1808), der Eisen für alle möglichen Zwecke, sogar für Särge, verwendete. In seinem Eisenwerk lief 1776 Watts erste Dampfmaschine (s. S. 153). Wilkinsons verbessertes Zylinderbohrwerk war besonders wichtig für die Herstellung einwandfreier Dampfmaschinenzylinder, wie er sie nach Soho lieferte. In den Jahren 1775 bis 1779 errichteten Wilkinson und Abraham Darby III. (der Enkel) nach den Plänen von Thomas Farnolls Pritchards die erste gußeiserne Bogenbrücke über den Severn bei Coalbrookdale mit einer Spannweite von 32 m, einer Breite von 6½ m und einer Höhe von 12 m, und 1787 baute Wilkinson das erste eiserne Schiff.

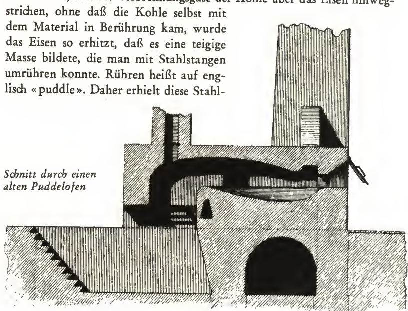
Auch zum Kontinent knüpften John Wilkinson und sein Bruder William Beziehungen an. So hatten sie u. a. auch Verbindungen nach Oberschlesien, wo der mit der Leitung des gesamten Berg- und Hüttenwesens im preußischen Staat betraute Freiherr Friedrich Anton von Heinitz 1779 seinen Neffen, den Freiherrn Friedrich Wilhelm von Reden, an die Spitze des schlesischen Bergamts stellte. Für die Wiedereröffnung des Tarnowitzer Bleibergbaues wurde in Soho eine Watt-Maschine als Wasserhaltungsmaschine bestellt. Nach deren Vorbild baute der Tarnowitzer Maschineninspektor August Friedrich Holtzhausen, unterstützt von dem Engländer John Baildon, vier gleichartige Maschinen nach. Er hatte vorher Gelegenheit, die vom Bergassessor Carl Friedrich Bückling im Auftrage von Heinitz 1783 konstruierte Dampfmaschine zu Hettstedt zu besichtigen. Im schlesischen Malapane wurde 1789 das erste mit oberschlesischem Koks



Die erste Eisenbrücke der Welt über den Severn (1775–1779)

erschmolzene Roheisen abgestochen; gleichzeitig führte man hier die englische Eisengußtechnik ein. Der erste Kokshochofen in Deutschland wurde 1796 auf der Königlichen Hütte zu Gleiwitz von Johann Friedrich Wedding unter Beteiligung von John Baildon als Berater errichtet.

Für das englische Eisenhüttenwesen wurde weiterhin bedeutsam das Patent von Thomas und George Cranage vom 17. Juni 1766 auf das Frischverfahren mit Steinkohlen. Unter Frischen versteht man das Umwandeln von Roheisen in Stahl dadurch, daß man die unerwünschten Begleitstoffe des Eisens oxydiert, indem man entweder Luft einbläst («Windfrischen») oder durch «Puddeln», wobei sauerstoffreiche Schlakken zugefügt und verrührt werden. Das moderne Frischverfahren beginnt mit dem Siemens-Martin-Ofen. Vorher war das Frischen lediglich mit Holzkohle möglich gewesen. Das Cranage-Verfahren kam dem Puddelprozeß schon sehr nahe, den bald darauf Henry Cort (1740–1800) in seinem ersten Patent von 1783 über «Herstellung, Schweißen und Verarbeiten von Eisen» bereits in seinen wesentlichsten Teilen behandelte. In seinem zweiten Patent vom 13. Februar 1784 wurde das ganze Puddelverfahren, ein Flammofenfrischen, das die Herstellung von Stahl mit Steinkohlen möglich machte, dargelegt. In einem Flammofen, der so konstruiert war, daß die Verbrennungsgase der Kohle über das Eisen hinwegstrichen, ohne daß die Kohle selbst mit dem Material in Berührung kam, wurde das Eisen so erhitzt, daß es eine teigige Masse bildete, die man mit Stahlstangen umrühren konnte. Rühren heißt auf englisch «puddle». Daher erhielt diese Stahl-



Schnitt durch einen alten Puddelofen

gewinnungsmethode den Namen «Puddelverfahren». Es machte England endgültig von der Holzkohle unabhängig.

Auch Cort gehört zu den unglücklichen Erfindern; er konnte seine Patente wirtschaftlich nicht nutzen und fand nur Undank. Der englische Staat, der seine Erfindung sehr wohl zu schätzen wußte, behandelte ihn schlecht und gewährte ihm erst von 1794 an eine Jahresrente von 200 Pfund Sterling, um ihn und seine Familie vor Elend zu schützen. Das Puddelverfahren führte sich in England schnell ein. Insbesondere zog Richard Crawshay, der «Eisenkönig», daraus großen Nutzen; als er 1810 starb, erzeugte sein Eisenwerk in Cyfarthfa in Südwales bei einer Belegschaft von 2000 Arbeitern 10 000 Tonnen Eisen. Während der Erfinder verarmte, hinterließ Crawshay ein Vermögen von anderthalb Millionen Pfund Sterling.

In Deutschland führte Graf Detlef Carl v. Einsiedel 1795 auf seinem Eisenwerk Lauchhammer den Puddelprozeß ein. Er benutzte allerdings Holz als Brennmaterial und hatte daher zunächst nur geringen Erfolg, da Holz nicht die erforderlichen Temperaturen liefern konnte. Lauchhammer entwickelte sich in der Folge zum Sitz des deutschen Eisenkunstgusses.

Einen weiteren wesentlichen Schritt vorwärts tat die gesamte Eisenindustrie mit der Erfindung des Tiegelgußstahls durch Benjamin Huntsman (1704–1776), einen Uhrmacher deutscher Herkunft. 1740 siedelte er nach Handsworth bei Sheffield über, das schon damals der Hauptsitz der Stahlwarenmanufaktur war, um seine kurz zuvor begonnenen Stahlschmelzversuche fortzusetzen. 1740 kann daher als das Geburtsjahr der Erfindung des Gußstahls angesehen werden. Die Sheffielder Fabrikanten erkannten sehr schnell die Vorzüge der neuen Methode, und die Fabrikation nahm bald einen großen Aufschwung, wenn auch nicht zum Nutzen des Erfinders. Da nämlich Huntsmans Verfahren nicht durch ein Patent geschützt war, mußte er ängstlich sein Geheimnis hüten, was ihm freilich auf die Dauer nicht gelang, da er den Listen der damals schon üblichen Industriespionage nicht gewachsen war. All diese Neuerungen führten dazu, daß Englands Überlegenheit in der Eisen- und Stahlproduktion mit dem 18. Jahrhundert Monopolcharakter anzunehmen begann.

Auch im Saargebiet war man übrigens schon früh bemüht, Koks in der Eisenverhüttung zu verwenden, wie sich aus dem 1770 in Paris erschienenen Buch eines Herrn de Genssane über die Verwendung von Steinkohlen zum Erzschmelzen ersehen läßt. In einem Kapitel beschreibt er eine Art Koksöfen, die seit einigen Jahren in der Grafschaft Nassau-Saarbrücken verwendet würden. Dort, in Sulzbach, hatte Fürst Wilhelm Heinrich von Nassau-Saarbrücken nach englischem Vorbild unter großen finanziellen Opfern eine Koksfabrikation eingerichtet und 1767/68 einen Eisenhochofen betrieben, den Genssane 1768 besichtigt hat. In der Konstruktion

wichen diese Öfen wesentlich von den englischen ab, doch wurde gutes Roheisen gewonnen. Der Betrieb dauerte allerdings nur zwei Jahre an; dann wurde er eingestellt, da er wohl nicht wirtschaftlich genug war.

Erster Vorstoß in den Luftraum

Ein uralter Traum der Menschheit ist es, den leichtbeschwingten Vögeln gleich der Erdenschwere entfliehen zu können. Sagen aus allen Kulturkreisen zeugen davon: etwa die von dem Babylonier Etana, dessen Adlerflug auf einem Siegelzylinder vom Ende des 3. vorchristlichen Jahrtausends bildlich dargestellt ist, und die Sage von Daidalos und Ikaros im alten Hellas oder die von Wieland dem Schmied im germanischen Norden. Solche Sagen und Legenden gehören mit zum Bild der Technik. Denn die anekdotische Versinnbildlichung erfinderischer Intuition birgt oftmals einen richtigen Kern in sich: Aus der Beobachtung unscheinbarer Vorgänge vermag der erfinderische Kopf, dem stets die Fragen «Warum?» und «Wie?» gegenwärtig sind, vielerlei Anregung zu schöpfen, und nicht selten hat ein Alltagserlebnis den schöpferischen Funken zünden lassen.

Auch die Erfindung des Warmluftballons, mit dem der Mensch sich erstmals in die Luft erhoben hat (s. Farbtafel S. 87), ist legendenhaft ausgeschmückt worden. Danach sollen die Brüder Montgolfier, Joseph Michel (1740–1810) und Jacques Etienne (1745–1799), beide Papierfabrikanten zu Annonay in Frankreich, eines Tages beobachtet haben, wie sich ein zum Trocknen über dem Ofen aufgehängter Unterrock aufbauschte und sich schließlich bis zur Decke in die Luft erhob. Der Gatte, der den schwebenden Unterrock seiner Frau mit Hilfe einer Leiter herunterholte, ging der eigentümlichen Erscheinung nach und – erfand den Luftballon. Da aber ein Rock bekanntlich oben und unten offen ist, so liegt es auf der Hand, daß diese Geschichte vom Unterrock als der Urform des Luftballons nichts ist als eine Anekdote.

In Wirklichkeit ist es ganz anders gewesen: Die beiden Brüder, die Mathematik und Naturwissenschaften studiert hatten, bevor sie die väterliche Papierfabrik übernahmen, beschäftigten sich mit physikalischen Versuchen, wie sie damals auch bei Laien sehr beliebt waren. Im November 1782 wollten sie mit dem Rauch eines Strohfeuers «künstliche Wolken» erzeugen und fingen ihn deshalb in dünnen Papierhüllen auf. Diese rauchgefüllten Hüllen stiegen nun zur Überraschung der Gebrüder Mongolfier in die Höhe. Zunächst glaubten die beiden Experimentatoren, für dieses merkwürdige Aufsteigen der Papier-«Ballons» sei der Rauch verantwortlich; erst später erkannten sie die Wärme als die wirkliche Ursache.

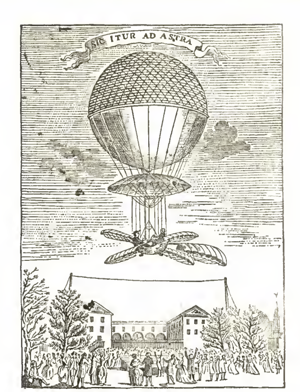
Die Versuche wurden wiederholt, und bald waren sich die Brüder über deren grundsätzliche Bedeutung vollkommen im klaren: Sie hatten ein Verfahren gefunden, das dem Menschen die Aussicht eröffnete, sich vom Erdboden in die Luft zu erheben: War die Hülle, in der warme Luft eingeschlossen wurde, groß genug, so müßte sie auch einen Menschen tragen können! Am 5. Juni 1783 ließen sie in Annonay ihren ersten größeren Warmluftballon vor der Öffentlichkeit steigen. Es war dies ein Ballon von 11,37 m Durchmesser, der aus papiergefütterter Leinwand bestand und mit einem Netz aus Bindfaden überzogen war. Die Luft wurde durch eine Pfanne mit glühender Holzkohle erwärmt. Die erste «Montgolfière» hielt sich 10 Minuten in der Luft, denn die Warmluft konnte schnell entweichen, weil die Leinwandbahnen nur aneinandergeknöpft waren.

Das neuartige Schauspiel erregte ungeheures Aufsehen. Bald wollte man in Paris den gleichen Versuch durchführen, wußte aber nicht, welcher Mittel sich die Brüder Montgolfier bedient hatten. Aber nicht umsonst beschäftigten sich damals viele Forscher und noch mehr Liebhaber mit den physikalischen Problemen der Gase. So versuchte es der Physiker Jacques Alexandre César Charles (1746–1823) mit Wasserstoffgas, von dem er wußte, daß es leichter als die Luft ist. Es gelang Charles in der Tat, am 27. August 1783 auf dem Pariser Marsfeld den ersten Gasballon von 3,9 m Durchmesser steigen zu lassen. Nach 42 Minuten Flugdauer landete der Ballon bei dem Dorf Gonesse, wo die Bauern, erschreckt durch das vom Himmel stürzende Ungeheuer, die Hülle mit Dreschflegeln, Mistgabeln und Flinten zerstörten. Am 19. September 1783 fand dann der feierliche Aufstieg einer Montgolfière von 11 m Durchmesser und 15 m Höhe im Beisein des Königs vor 130000 Zuschauern in Versailles statt. Jetzt flogen auch «Passagiere» mit, eine Ente, ein Hahn und ein Hammel. Nach 7 Minuten landete der Ballon wohlbehalten mitsamt den Tieren. Und am 15. Oktober des gleichen Jahres folgte der erste Aufstieg eines Warmluftballons mit Bemannung: Der Apotheker Jean François Pilâtre de Rozier war der erste Luftfahrer. Aus begreiflichen Gründen fand der Versuch mit einer angeleinten Montgolfière, also einem Fesselballon, statt. Die erste Freifahrt unternahm Pilâtre de Rozier zusammen mit dem Marquis d'Arlandes am 21. November 1783 vom Jagdschloß La Muette aus. Diese Fahrt führte 10 km weit über Paris hinweg und dauerte 25 Minuten. Am 7. Januar 1785 überquerten Jean-Pierre Blanchard und der englische Arzt Jeffries mit einem Gasballon den Kanal von Dover nach Calais in 2 Stunden.

J. F. Pilâtre de Rozier gab sich nicht mit dem Ruhm zufrieden, als erster Mensch im Ballon geflogen zu sein. Seit September 1784 schon hatte er den Plan, als erster auch den Kanal zu überfliegen. Zu seinem Ärger aber war

ihm Blanchard zuvorgekommen. Für die Überquerung des Kanals hielt Pilâtre eine von ihm selbst erdachte Ballonkonstruktion für besonders erfolgversprechend: eine Kombination von Warmluft- und Gasballon, die «Rozière». In dieser Rozière sollte der Vorteil des stetigen Fluges, den der Gasballon bot, verbunden sein mit dem Vorzug des Warmluftballons, nach Wunsch schnell die Flughöhe wechseln zu können, um die jeweils günstigste Windströmung aufsuchen zu können. Professor Charles warnte: Es sei äußerst gefährlich, in der Gondel des mit dem höchst explosiblen Wasserstoffgas gefüllten Ballons eine Kohlenpfanne mitzuführen, wie sie zum Erwärmen der Luft für die Montgolfière nötig war. Allein, der an gewagte chemische Experimente gewöhnte Apotheker ließ sich durch solche Warnungen nicht abschrecken. Nach mancherlei Verzögerungen unternahm er am 15. Juni 1785 von Boulogne aus seinen lange vorbereiteten Aufstieg; sein Begleiter war der Parlamentsprokurator P. A. Romain. Noch nicht eine halbe Stunde nach dem Start geschah unerwartet das Unglück; es vollzog sich mit so großer Schnelligkeit, daß die Augenzeugenberichte in wesentlichen Punkten voneinander abweichen. Man sah plötzlich am oberen Teil des Ballons, der eine Höhe von etwa 1600 Fuß erreicht hatte, Rauch und Flammen aufsteigen. Zugleich nahm der Ballon die Form eines sich öffnenden Fächers an und stürzte auf freies Feld, etwa 1¼ Meilen von Boulogne entfernt, herab. Pilâtre de Rozier war sofort tot, sein Begleiter starb etwa 10 Minuten nach dem Absturz. Sie waren die ersten Todesopfer der Luftschiffahrt.

Die Frau, die es als erste wagte, eine Freiballonfahrt zu unternehmen, war Madame Elisabeth Thible, die in Lyon am 4. Juni 1784 mit einem Herrn Fleurant die Gondel einer Montgolfière bestieg, eine Höhe von rund 2700 m erreichte und nach ¾ Stunden wieder glücklich landete. Unter den prominenten Zuschauern befand sich auch König Gustav III. von Schweden. Frau Thible hat in einem Brief ihre Eindrücke anschaulich geschildert. Es gab für sie keinen geringen Schreck, als der Boden der Gondel einen Riß bekam und das Geländer sich senkte, so daß sie mit dem linken Fuß auf den äußeren Rand der Galerie treten und mit dem rechten so gut wie möglich lavieren mußte. Mit der einen Hand umklammerte sie den inneren Rand der Galerie, während sie mit der anderen das Feuer der Glutpfanne unterhalten mußte. Aber sie empfand keine Furcht. Auch die Landung war nicht ganz einfach. Der Ballon legte sich schief an den Abhang eines Hügels, und die in die rauschende Leinwand verwickelte Dame vermochte nur mit Mühe ihren Fuß von der Galerie loszulösen. Die beiden Luftfahrer wurden im Triumph zur Stadt zurückgetragen, und in der Oper konnten sie die Glückwünsche des Königs von Schweden entgegennehmen.



Am 2. März 1784 stieg Blanchard mit diesem Ballon auf. Mit den Rudern wollte Blanchard den Ballon steuern; der Schirm über der Gondel sollte das Heben und Senken bewirken

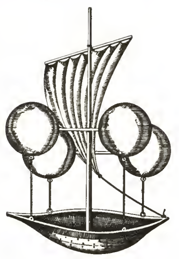
Wie so oft bei neuen Erfindungen, so kam man auch beim Ballon sehr bald auf die Idee, ihn für kriegerische Zwecke zu benutzen. Giroud de Villette, der sich am 19. Oktober 1783 in Paris mit Pilâtre de Rozier in einer Fesselmontgolfière bis auf eine Höhe von 324 Fuß erhob, war der erste, der auf die militärischen Möglichkeiten der neuen «Maschine» hinwies: Sie sei vorzüglich zur Erkundung zu gebrauchen. Im Jahre 1794 wurde denn in der Tat in Meudon das französische «Aërostatische Corps» gegründet, nachdem schon ein Jahr zuvor die Österreicher vereinzelt Warmluftballone im Felde verwendet hatten. Das «Aërostatische Corps» als die älteste Militärluftschiffertruppe wurde erstmals zur Luftaufklärung am 2. Juni 1794 vor Maubeuge und besonders am 26. Juni des gleichen Jahres in der Schlacht bei Fleurus eingesetzt. Hier war es der Ballon «Entreprenant», aus dem die Franzosen die feindlichen Stellungen beobachteten. Wahrscheinlich war dies derselbe Ballon, den die Österreicher nach der Schlacht bei Würzburg am 3. September 1796 erbeuteten. Er wird heute als Kriegstrophäe im Wiener Heeresmuseum aufbewahrt.

Den Gedanken, aus Luftfahrzeugen «künstliches Feuer», Brandkugeln und Bomben auf feindliche Städte, Schiffe usw. abzuwerfen, hat schon Lana (s. S. 175) 1670 ausgesprochen – ihn freilich als einen Frevel hingestellt, den Gott niemals zulassen werde. In ähnlichem Sinne äußerte sich 1784 der preußische Ingenieur-Offizier J. C. G. Hayne, der die Erwartung aussprach, daß die Regenten gegen einen solchen Mißbrauch bestimmte dahingehende Artikel «im Natur-, Völker- und Kriegsrechte einrücken» würden. Das Aërostatische Corps jedoch erprobte schon im Jahre 1798 auf dem Pariser Marsfeld den Bombenwurf: Von einem Fesselballon aus wurde eine eigens für den Versuch aus Holzlatten errichtete «Burg», die mit allerlei Brennbarem gefüllt wurde, bombardiert. Die Bombe, die «etwas Phosphorartiges» enthielt, traf, aus 30 m Höhe abgeworfen, das Ziel und verwandelte es schnell in Asche. Im kriegerischen Ernstfall sind Luftbomben erstmals im Jahre 1848 verwendet worden, als die Österreicher Venedig belagerten; als Bombenträger dienten kleine unbemannte Montgolfieren. Unter diesen Umständen konnte nur der Zufall zu einem Volltreffer verhelfen. Der Erfolg war denn auch sehr bescheiden: Eine Bombe schlug zwar tatsächlich in das Fort St. Marino ein, eine weitere traf den Markusplatz, die meisten aber fielen ins Wasser. Angesichts der schwachen Brisanz der Bombenfüllung konnte von einer nennenswerten Wirkung, die moralische ausgenommen, ohnehin nicht die Rede sein.

Für die Allgemeinheit war der Luftballon eine ganz unerwartete Sensation, die Physiker jedoch faßten sich an den Kopf und wunderten sich, warum sie eigentlich nicht schon längst auf diesen Gedanken gekommen waren. So erklärte der geistreiche Georg Christoph Lichtenberg: «Nur keine Indolenz, wo Vernunft herrscht! Montgolfiers Erfindung war in meiner Hand.» Und 1783 sagte er, er habe schon zwei Jahre vorher Seifenblasen mit «inflammabler Luft» steigen lassen. Mit dieser «inflammablen Luft» war das 1766 von Henry Cavendish entdeckte Wasserstoffgas gemeint, das auch anderen Gelehrten zu solchen Versuchen Anlaß gab. Der Chemiker Joseph Black hatte schon 1768 darauf aufmerksam gemacht, daß leichte tierische Blasen, mit dem neuen Gas gefüllt, aufwärts steigen müßten, da das Gas leichter als die Luft sei, aber er kam nicht dazu, seinen Vorschlag praktisch zu erproben. Aber 1781 machte der in England lebende italienische Physiker Tiberio Cavallo in der Tat derartige Experimente mit Papierzylindern und Blasen, doch zeigten nur gasgefüllte Seifenblasen Auftrieb. Übrigens schrieb auch Goethe im Jahre 1821 rückerinnernd: «Die Luftballone wurden entdeckt. Wie nahe ich dieser Erfindung gewesen. Einiger Verdruß, es nicht selbst entdeckt zu haben.»

Kein Wunder also, wenn alsbald auch die Priorität der Erfindung der Brüder Montgolfier erörtert wurde. Konrad Kyeser hatte, wie bereits

erwähnt (s. S. 72), schon in seiner Bilderhandschrift von 1405 den Warmluftdrachen (als Fesselballon) dargestellt; seine Kenntnisse gehörten aber zum Geheimwissen der Kriegstechniker. Nachdem jedoch das, was Otto von Guericke mit seinen Luftpumpenversuchen an Erkenntnissen gefunden hatte, allgemeines Wissensgut geworden war, kam der gelehrte Jesuit Graf Francesco Lana de'Terzi (1631–1687) in Brescia auf den Gedanken, daß dünnwandige, luftentleerte Kupferhohlkugeln leichter als die Luft sein und daher Auftrieb haben müßten. In einer Schrift, die er 1670 veröffentlichte, erörterte Lana ausführlich seinen Vorschlag, nach diesem Prinzip ein Luftschiff zu bauen. Er hatte das Projekt sehr genau durchdacht und alles, was dafür wie dagegen sprach, ausführlich dargelegt. Luftleer gepumpte Hohlkugeln aus Kupfer, so meinte Lana, müßten einen starken Auftrieb erhalten. Wenn man nun eine leichte Barke mit 4 solchen Kugeln ausrüstete, so würden sie in die Lüfte steigen. Diese Überlegung ist theoretisch durchaus richtig. Auf den gewichtigsten Einwand gegen sein Projekt ist Lana in seinem großangelegten, aber unvollendet gebliebenen enzyklopädischen Werk «Magisterium Artis et Naturae», von dem 1684/86 zwei Bände erschienen sind, selbst eingegangen: Eine solche Kupferhohlkugel müßte äußerst dünne Wände haben, wenn sie Steigkraft haben sollte; damit aber wäre sie nicht in der Lage, dem äußeren Druck der Atmosphäre zu widerstehen – sie würde zusammengedrückt werden. Lana meint dazu freilich, vielleicht werde die Kugelform doch den Luftdruck aushalten, und die Gefahr des Eingedrücktwerdens müsse sich überwinden lassen, wenn man die Kugel nur groß genug und aus einer Materie herstellen könne, die leicht und zugleich hinreichend fest wäre.



Lanas Projekt eines Luftschiffs

Diese ganz neuartigen Gedankengänge Lanas haben damals ein starkes Echo gefunden, und hervorragende Fachleute, wie einer der bedeutendsten Experimentalphysiker seiner Zeit, Johann Christoph Sturm, und kein geringerer als Leibniz, haben Lanas Projekt eingehend gewürdigt. Leibniz freilich stellte fest, es sei nicht in die Praxis umzusetzen, womit er recht behielt. Auch Robert Hooke hat sich in diesem Sinne geäußert. Wie lange Lanas Vorstellungen nachgewirkt haben, mag man daraus ersehen, daß ein

«Luftschifferbuch» für die Jugend aus dem Jahre 1908 in einem die Zukunft schildernden Kapitel ein «Vacuumluftschiff» von 300000 Kubikmetern Rauminhalt auf die Reise von Berlin nach Peking schickt – im Zukunftsjahr 1928!

Eine Vorahnung des Warmluftballons findet sich in Cyrano de Bergeracs (1619–1655) utopischen Roman «Les Etats et Empires du Soleil», der ein Vorläufer der Weltraumfahrt-Romane unserer Zeit ist. Als Fahrzeug dient eine mit Segeln ausgerüstete rauchgefüllte Kugel, die einer kastenförmigen Gondel Auftrieb gibt. Der Kupferstich dazu, der die Amsterdamer Ausgabe seiner Werke von 1710 ziert, sieht aus wie das Bild eines Ballonaufstiegs (s. S. 462). Das heißt natürlich nicht, daß Cyrano de Bergerac als Vorläufer der Luftschiffahrt anzusehen ist. Ebensowenig ist die Behauptung, der brasilianische Geistliche Bartholomeu Lourenço de Gusmão müsse als Erfinder des Warmluftballons gelten, hinreichend begründet. Dieser hat 1709 in Lissabon einen Flugversuch unternommen, aber in der Geschichte der Fliegerei kann ihm wohl ebensowenig ein besonderer Ehrenplatz eingeräumt werden wie vielen anderen Waghälsen, die solche Versuche mindestens mit Arm- und Beinbrüchen bezahlen mußten. Ob Gusmão wirklich eine «Kugel» konstruiert hat, gefüllt mit brennbarem Stoff, der vom Erfinder selbst in Brand gesteckt wurde, bleibt unbewiesen.

Begreiflicherweise wurde das Problem der willkürlichen Ballonlenkung sehr bald nach der Erfindung des Ballons wichtig, denn er war ja völlig den Winden preisgegeben. Selbst J. M. Montgolfier wußte keinen anderen Rat als den, eine günstige Luftströmung aufzusuchen. Blanchard, der aus Propagandafahrten mit Ballons einen Lebensberuf machte, versuchte eine Lenkung durch große Flügel zu erzielen (Abb. S. 173), gab dieses Vorhaben aber bald auf. Einzelne Vorschläge der damaligen Zeit haben jedoch grundsätzlich richtige Gedanken enthalten – Grundgedanken, wie sie über ein Jahrhundert später beispielsweise bei den Zeppelin-Luftschiffen ausgeführt wurden. Nur fehlte es damals noch an einer geeigneten Antriebsmaschine.

In den Jahren 1783/84 entwickelte der französische Ingenieur-Offizier Jean-Baptiste Charles Meusnier bemerkenswerte Gedanken über einen zylindrischen Langballon mit Propellerantrieb sowie luftgefüllten Ballonets im Innern des Ballonkörpers. Unbeeinflußt von Meusniers Ideen war der Vorschlag des in Kopenhagen wirkenden deutschen Physikers Christian Gottlieb Kratzenstein (1723–95), den er in einem 1784 veröffentlichten Buch dargelegt hat. Er dachte an einen starren Langballon in Form eines Zylinders mit zugespitzten Enden und einem Breitendurchmesser von einem Viertel der Länge. Als Material der Hülle sah er dünnes verzinktes Eisenblech vor. In der Gondel sollte eine vierflüglige Propellerschraube

und das Steuer angebracht werden. Aus der gleichen Zeit stammt auch das Projekt eines anderen Deutschen, das des letzten Kurfürsten von Mainz und späteren «Großherzogs von Frankfurt» Karl Theodor Freiherr von Dalberg (1744–1817). Auch er dachte an einen Langballon mit einem starren Gerippe aus Holzkonstruktion und mit Propellerantrieb. Der Ballon sollte bei 25 m Breitendurchmesser eine Länge von 112,5 m haben. Dem vorzeitigen Entweichen des Gases wollte Dalberg durch eine gefirnißte Stoffhülle vorbeugen. Die Propellerschraube war an sich schon durch A. J. P. Pauctons Schrift «Théorie de la Vis d'Archimède» von 1768 bekannt, aber an etwas anderes als den Handkurbelantrieb konnte man zu jener Zeit überhaupt noch nicht denken.

Der Warmluft- und der Gasballon waren nun allerdings eine ganz andere Lösung des Flugproblems, als die Menschen es sich gewünscht hatten, wenn sie den mühelosen Vogelflug beobachteten. Bereits Leonardo da Vinci hatte dem Vogelflug viel Aufmerksamkeit geschenkt und ihm sein Geheimnis ablauschen wollen. Er hat, mindestens auf dem Papier, versucht, einen Flugapparat zu bauen (s. S. 96). Viele nach ihm haben sich ebenfalls an dieses Problem gewagt. Da waren zunächst diejenigen, die den Vögeln gleich zu schweben oder zu fliegen versuchten. Nur zwei seien hier genannt: Im Jahre 1742 wollte der alte Marquis de Bacqueville in Paris aus einem Fenster seines Hauses mit «Engelsflügeln» über die Seine schweben – mit dem Erfolg, daß er auf einen Kahn stürzte und sich ein Bein brach. Ähnlich erging es dem «Schneider von Ulm», Ludwig Berblinger, der bei seinem Flugversuch am 30. Mai 1811, vor den Augen eines zahlreichen Publikums und des Königs von Württemberg, in die Donau fiel und zu einer viel belachten Spottfigur wurde.


Spottbild auf den mißglückten Flugversuch des «Schneiders von Ulm», Albrecht Ludwig Berblinger, am 30. Mai 1811

Aber auch sehr ernsthafte Männer haben sich schon früh über den Menschenflug Gedanken gemacht. So ist der gelehrte englische Bischof John Wilkins im zweiten Teil seines Buches «Mathematical Magick» von 1648 ausführlich auf diese Frage eingegangen. Ihm

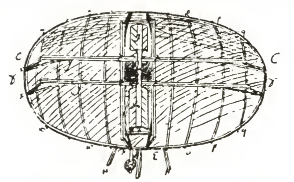
schwebte, modern ausgedrückt, eine Flugmaschine mit Motorantrieb vor. Das größte Kopfzerbrechen allerdings verursachte ihm begreiflicherweise die Antriebskraft, das Problem nämlich – wie er sich ausdrückte –, eine «motive power» zu erfinden, die der Größe und dem Gewicht einer solchen Maschine angemessen sei. Sein Zeitgenosse, der erfindungsreiche Naturforscher Robert Hooke, arbeitete um 1658 an dem Modell einer Flugmaschine, bei der er eine Art Windrad verwendete, das eine Schraube ohne Ende antrieb, die ihrerseits die Flügel des Apparates in Bewegung setzen sollte, natürlich unter tätiger Mithilfe des Fliegers. Hooke kam aber nicht zu greifbaren Resultaten, weshalb er die schwachen Kräfte des Menschen durch «künstliche Muskeln» ersetzen wollte.

Berechnungen über die menschliche Muskelkraft, die nötig wäre, um Schwingen zu bewegen, stellte der italienische Forscher Giovanni Alfonso Borelli an, die er 1680 in seinem klassischen Buch «De motu animalium – über die Bewegung der Lebewesen» veröffentlichte. Er führte den Nachweis, daß der Mensch mit Muskelkraft nicht werde fliegen können. Denn die Brustmuskeln müßten beim Menschen mehr als ein Sechstel des Körpergewichtes wiegen, damit sie durch das Schlagen mit den an den Armen befestigten Flügeln eine Kraft entwickeln können, die zehntausendmal so groß wäre wie das Körpergewicht. Sie sind aber nicht einmal so schwer wie der hundertste Teil des Körpergewichtes. Und 1782 schrieb der berühmte Astronom Joseph Jérome de Lalande im «Journal de Paris»: «Es ist in jeder Hinsicht bewiesen, daß es dem Menschen ganz unmöglich ist, sich in die Lüfte zu erheben oder auch nur sich darin zu halten. Herr Coulomb, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, hat vor mehr als einem Jahr... eine Mémoire verlesen, in welchem er, auf die Erfahrung gestützt, durch Berechnung der menschlichen Kräfte nachweist, daß man dazu Flügel von 12000 bis 15000 Fuß Größe benötigen würde, die mit einer Geschwindigkeit von 3 Fuß in der Sekunde bewegt werden müßten. Nur ein Ignorant kann auf die Verwirklichung so phantastischer Ideen hoffen.» Im «Journal des Savants» des gleichen Jahres hat sich Lalande ganz ähnlich geäußert, aber noch hinzugefügt: «Die Unmöglichkeit, sich durch Flügelschlagen in der Luft zu halten, ist ebenso gewiß wie die, sich durch das spezifische Gewicht luftentleerter Körper in die Luft zu erheben.» Er dachte dabei natürlich an das Projekt Lanas, mußte sich jedoch ganz kurz darauf durch Montgolfier eines besseren belehren lassen. Hinsichtlich der unzureichenden menschlichen Muskelkraft hatte Lalande vollkommen recht. Es erscheint aber nicht uninteressant, in diesem Zusammenhange an einen weit vorausschauenden Ausspruch von Christian Huygens aus dem Jahre 1673 zu erinnern, der sich auf die von ihm konstruierte Schießpulvermaschine (s. S. 142) bezieht: «Obgleich es vielleicht widersinnig

klingen wird, scheint es nicht unmöglich, irgendein Gefährt zu finden, um sich in der Luft zu bewegen, da ja das große Hindernis bei der Kunst des Fliegens bis jetzt in der Schwierigkeit bestand, sehr leichte Maschinen zu bauen, die eine recht gewaltige Bewegung erzeugen können. Aber ich gestehe, daß es noch ein gut Teil an Wissenschaft und Erfindung erfordern wird, um ans Ziel eines solchen Unternehmens zu kommen.»

Anlaß zu Lalandes Urteil waren Versuche gewesen, die Jean Pierre Blanchard 1781 mit einer Flugmaschine unternommen hatte. Ihm war ein Erfolg ebensowenig beschieden wie dem badischen Baumeister Karl Friedrich Meerwein, der 1782/83 Versuche mit einem großen Eindecker unternahm, dessen in Scharnieren bewegliche Tragflächen die Gestalt von großen spitzen Segeln hatten. Joachim Heinrich Campe, der Pädagoge, berichtet gelegentlich von seinem Zusammentreffen mit Meerwein in Gießen (1783); er hielt es jedoch nach Besichtigung der Maschine nicht für nötig, einige Tage länger zu verweilen, um einem Flugversuch beizuwohnen.

Einen Beitrag zum Problem des Fliegens mit einer Maschine, die schwerer sein sollte als die Luft, steuerte auch Emanuel Swedenborg (1688 bis 1772) bei, der ja, ehe er durch sein mystisches Erlebnis zum Seher wurde, ein Wissenschaftler und Ingenieur von umfassendem Wissen gewesen war. Swedenborg hat sich, angeregt durch den «schwedischen Archimedes» Christoffer Polhem, in den Jahren 1714–16 sehr eingehend mit dem Vogelflug und dem Flugproblem beschäftigt und seine Gedanken darüber in seiner Zeitschrift «Daedalus Hyperboraeus» (1716) veröffentlicht. Er dachte an einen Gleitflugapparat mit leicht gewölbten Tragflächen und einem Pendelstabilisator, den der Führer durch Verlegung des Körpergewichts und unter Ausnutzung des Windes lenken sollte. Die starren Flügel sollten nicht der Vorwärtsbewegung, sondern dem Auftrieb dienen.



Swedenborgs Entwurf eines Flugapparats

Bei Windstille war der Apparat nicht verwendbar. Swedenborg setzte überhaupt den Winddruck als Hauptfaktor in die Rechnung ein, wie seine theoretischen Überlegungen – Winddruck auf die Fläche einer Tür und auf den Flächendrachen – zeigen. An eine praktische Erprobung scheint er nicht gedacht zu haben, im Gegensatz zu anderen frühen Pionieren der Flugkunst, die sich wiederum um die Theorie meist nicht kümmerten.

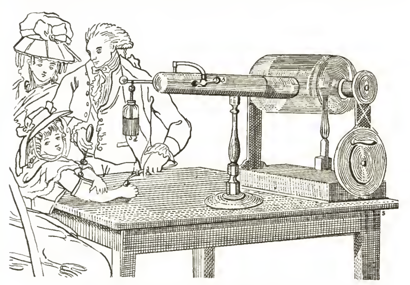
Das Spiel mit der Elektrizität

Die im 18. Jahrhundert geradezu eine Mode werdende Beschäftigung mit den elektrischen Phänomenen kann man, wenn man sie mit den Augen des Technikhistorikers betrachtet, mehr oder weniger als eine jener physikalischen Spielereien bezeichnen, wie sie damals in den Salons und bei den geselligen Abendunterhaltungen sehr beliebt waren. Immerhin sind aber die Erkenntnisse, die bei diesen Spielereien gewonnen wurden, für die spätere Entwicklung von grundlegender Bedeutung geworden. Die Elektrotechnik selbst allerdings ist erst ein Kind des 19. Jahrhunderts.

Seitdem Otto von Guericke bei seinen Versuchen mit der Schwefelkugel die Möglichkeit entdeckt hatte, Elektrizität zu erzeugen, begannen ganz allmählich auch andere Forscher, sich für elektrische Erscheinungen zu interessieren. So experimentierte der Engländer Francis Hawksbee um 1705 mit einer hohlen Glaskugel, die durch eine Kurbel in Drehung versetzt und durch Reiben mit der Hand elektrisiert wurde; damals untersuchte man hauptsächlich das elektrische Leuchten im luftverdünnten Raum. Erst um 1729 begann eine Epoche regerer Forschung. In diesem Jahr entdeckte der Londoner Forscher Stephen Gray – der auch der Erfinder des sogenannten Isolierschemels mit Harzkuchen ist (1732) – die Tatsache, daß die Elektrizität von manchen Stoffen gut, von anderen schlecht weitergeleitet wird (1729); die Bezeichnungen «Leiter» und «Nichtleiter» führte aber erst Jean Théophile Desaguliers 1742 ein. Ausgehend von Grays Versuchen unterschied Charles François de Cisternay du Fay von 1730 ab erstmals zwei verschiedene Arten von Elektrizität: die «Glas-» und die «Harzelektrizität». Die gebräuchlich gewordenen Bezeichnungen der positiven (Glas-) und der negativen (Harz-) Elektrizität schuf 1787 der Göttinger Physikprofessor Georg Christoph Lichtenberg. Du Fay stellte auch fest, daß gleichartige Elektrizitäten sich abstoßen, ungleichartige sich anziehen; durch einen nassen Bindfaden konnte er die Elektrizität 1256 Pariser Fuß – das sind rund 392 Meter – weit leiten. 1744 fügte der Wittenberger Physiker Matthias Bose seiner «Elektrisiermaschine» den

sogenannten Konduktor hinzu; dieser bestand aus einer isoliert angebrachten Blechröhre, die durch ein Fadenbündel die Elektrizität von der Kugel abnahm. Im gleichen Jahr gebrauchte Johann Heinrich Winkler, Physikprofessor in Leipzig, nach einem Gedanken, der von seinem Mechaniker Johann Friedrich Giessing stammte, ein aus Wolle, Leder oder Pferdehaarkissen bestehendes Reibzeug, das später durch eine leichte Feder gegen einen Glaszylinder gedrückt wurde. Diesen hat der Schotte Andreas Gordon wohl um 1755 an Stelle der bis dahin üblichen Kugel eingeführt. Ein weiterer Schritt vorwärts war dann die kreisförmige Glasscheibe, die den Zylinder verdrängte. Mit einer Elektrisiermaschine riesigen Ausmaßes, die der Mechaniker John Cuthbertson 1785 für das Teyler-Museum in Harlem herstellte, konnte man in jeder Minute 300 Funken von 60 Zentimeter Länge erzeugen. Die Scheiben hatten einen Durchmesser von 65 englischen Zoll und eine gegenseitige Entfernung von $7^1/_2$ Zoll; jede Scheibe wurde von vier je $15^1/_2$ Zoll langen Kissen gerieben, die mit Wachstaft armiert waren.

Alle Experimente dieser Zeit waren – wir sagten es schon – im Grunde jedoch nur physikalische Spielereien. Jeder, der Wert darauf legte, als gebildet zu gelten, unterhielt sich in langen Gesprächen über diese neuartigen und merkwürdigen Erscheinungen, wobei es naturgemäß an den sonderbarsten Spekulationen über die eigenartige «Kraft» nicht fehlte. Die Ex-



Das Spiel mit der Elektrizität – Titelkupfer aus «An Essay on Electricity» von Georges Adams (London 1785)

perimentierfreudigkeit wurde dadurch gefördert, daß die benötigten Geräte auch von Liebhabern leicht herzustellen waren. Da war zum Beispiel der Danziger Bürgermeister Daniel Gralath. Er unternahm 1747 einen interessanten Versuch: Von der geriebenen Kugel her leitete er die Elektrizität erst durch eine Metallröhre, dann durch seinen Körper (er stand dabei auf isolierenden Papierblättern) und durch einen Degen, um schließlich mit dem an der Spitze der Waffe entstehenden Funken eine soeben ausgeblasene Kerze wieder anzuzünden. Alle diese schönen und damals als sehr aufregend empfundenen Versuche hatten jedoch einen betrüblichen Nachteil: das sehr kurzzeitige Auftreten der Ladungen. Deshalb erregte die von dem Domdechanten Ewald Jürgen v. Kleist († 1748) zu Cammin in Pommern anno 1745 erfundene Verstärkungsflasche besonderes Aufsehen; sie ist sozusagen durch ein Versehen als «Leidener Flasche» in die Literatur eingegangen.

Das, was Kleist mit seiner «Flasche» erfunden hatte, war eine Verstärkung oder Kondensation der Elektrizität durch einen Vorgang, den man auch «Bindung der Elektrizität» genannt hat. Kleist hatte von seiner Entdeckung dem Berliner Anatomen Johann Nathanael Lieberkühn und dem Danziger Bürgermeister Gralath sofort Mitteilung gemacht; sie wurde aber erst 1746 durch Johann Gottlob Krüger, Physikprofessor in Halle, veröffentlicht. Unabhängig davon stellte der holländische Physiker Pieter van Musschenbroek im gleichen Jahre in Leiden ähnliche Versuche an und schrieb von seinem «schrecklichen Experiment» an den französischen Physiker und Zoologen René Réaumur. Von diesem wiederum erfuhr der Physiker Abbé Jean Antoine Nollet die experimentellen Einzelheiten; er ist es gewesen, der dann in seinen populären Schriften über die Elektrizität von der «Leidener Flasche» gesprochen hat. Die Erzeugung recht starker und damit auch schmerzhafter elektrischer Schläge gelang Daniel Gralath, indem er eine aus mehreren Verstärkungsflaschen bestehende elektrische Batterie erfand. In der Folgezeit stellte Johann Heinrich Winkler in Leipzig eingehende Versuche damit an und gestaltete die Batterie weiter aus. Zur Erhöhung des Aufnahmevermögens der Flasche fügte er die äußere Belegung (Zinnfolie) hinzu, während der Gedanke, eine innere anzubringen, von den Physikern William Watson und John Bevis stammt. Auf diese Weise erhielt die Kleistsche Flasche ihre heutige Form. Experimente mit großen Batterien waren (und sind!) nicht ungefährlich. So starb 1750 der verdiente Nürnberger Mathematiker und Physiker Johann Gabriel Doppelmayr an den Folgen eines Schlages, den er beim Experimentieren mit einer elektrischen Flaschenbatterie erhalten hatte.

Die bei einer Elektrisiermaschine überspringenden Funken ließen verhältnismäßig früh bei einigen Forschern die Vermutung aufkommen, daß

der Blitz und die elektrischen Funken wesensgleich seien. Diese Ansicht wird bereits im Jahre 1709 von Dr. Wall, dann von Abbé Nollet (1749) und von J. H. Winkler (1746) geäußert. Winkler erklärte in seinem Buch «Die elektrische Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen», daß elektrische Funken und Gewitter sich nur in der Stärke unterschieden und die Gewitterelektrizität durch Reibung von Luft mit Wasserdampf entstünde. Benjamin Franklin (1706–1790), als Wissenschaftler wie als Staatsmann gleich bedeutend, war jedoch der erste, der experimentell die elektrische Natur des Gewitters nachwies. Im Juni 1752 leitete er mit einem Papierdrachen Gewitterelektrizität aus einer Wolke ab. Oben auf dem Drachen war ein zugespitzter Draht befestigt, der mit dem Drachenseil aus Hanf verbunden war. Die Entladung fuhr also die Hanfschnur hinab und wurde von einem am unteren Ende der Schnur angebrachten Schlüssel aufgenommen. An diesem wiederum war ein isolierender Seidenfaden befestigt, der in der Hand gehalten wurde. Brachte Franklin seinen Fingerknöchel in die Nähe des Schlüssels, so sprang ein starker elektrischer Funke über – Franklin hat bei diesen Versuchen tatsächlich mit seinem Leben gespielt. 1753 wiederholte der Franzose de Romas in Nérac den Franklinschen Drachenversuch in größerem Maßstab, und zwar mit einer Hanfschnur, die mit einem eisernen Draht durchwirkt war. Franklin ging aber noch weiter: Mit einer isolierten Eisenstange leitete er die Luftelektrizität bei drohendem Gewitter in sein Haus, um auf diese Weise bequem daheim Versuche anstellen zu können, ein Unternehmen, das begreiflicherweise nicht minder lebensgefährlich war als sein Drachenversuch. So fiel 1753 Georg Wilhelm Richmann in St. Petersburg einer Blitzentladung zum Opfer, als er sich einer eisernen Beobachtungsstange bis auf etwa 30 Zentimeter näherte, um die Ableitung der Elektrizität bei einem heranziehenden Gewitter zu beobachten.

Aber noch vor seinem Drachenversuch war Franklin auf die Idee des Blitzableiters gekommen. Schon 1747 hatte er die elektrische Spitzenentladung entdeckt. Aus seinen Beobachtungen schloß der kluge Amerikaner jedenfalls, daß es möglich sein müsse, den Blitz abzuleiten und so die Gebäude gegen Blitzschaden zu schützen. Erstmals sprach er diesen Gedanken in seinem berühmt gewordenen Brief vom 29. Juli 1750 aus; dieses Datum kann daher mit Recht als der Geburtstag des Blitzableiters bezeichnet werden. In einem drei Jahre später geschriebenen Brief hat Franklin sich ausführlicher über den Blitzableiter und seine Wirkung geäußert. Er erkannte richtig, daß der Blitz stets seinen Weg durch die am besten leitenden Körper nimmt, die er jeweils vorfindet, und nur dann «explodiert», wenn die leitenden Körper die «elektrische Materie» geschwinder empfangen, als sie sie abzuleiten vermögen. Nach Franklin kann ein Gebäude

gegen Blitzgefahr gesichert werden, wenn die metallische Verbindung bis in frei fließendes Wasser oder feuchtes Erdreich geführt wird.

Bereits im Jahre 1752 wurden in Amerika die ersten Blitzableiter gesetzt, wie aus einem Brief hervorgeht, den Franklin am 24. Januar 1762 an den englischen Philosophen David Hume schrieb. Im gleichen Jahr brachte Franklin auch auf seinem eigenen Haus einen Blitzableiter an. In Europa führte sich der Blitzableiter nur langsam ein. Der erste wurde 1760 auf dem Eddystone-Leuchtturm in England errichtet. 1762 folgte der Arzt Dr. Watson in Payneshill bei London. Aber noch 1786 konnte Landriani in seiner Statistik erst drei weitere Blitzableiteranlagen in England nachweisen: auf zwei Kirchen und auf dem königlichen Palast. In Deutschland war das Interesse lebhafter; namentlich literarisch wurde das Problem viel erörtert. So insbesondere durch den Hamburger Arzt und Physiker Johann Albert Heinrich Reimarus, der denn auch in seiner Vaterstadt 1769 auf dem Kirchturm von St. Jacob den ersten Blitzableiter in Deutschland setzte. 1771 folgte der Abt Felbiger mit einem Blitzableiter auf dem Turm der Stiftskirche zu Sagan. Damals schrieb der bissige Lichtenberg in seinen «Sudelheften»: «Daß in den Kirchen gepredigt wird, macht deswegen die Blitzableiter auf ihnen nicht unnötig.» 1770 wurde durch den Abbé de Marci in Penzing bei Schönbrunn der erste Blitzableiter Österreichs errichtet. Die Schweiz folgte 1771. Dort setzte der Naturforscher Horace Bénédict de Saussure einen Blitzableiter, der die Bevölkerung in große Erregung brachte, dachte man doch, der Blitz werde «angezogen»; Saussure veröffentlichte daraufhin eine Schrift, in der er mit Nachdruck auf den Wert des Blitzableiters hinwies. 1772 folgte Italien (Padua) und erst 1773 Frankreich (Dijon); das war drei Jahre nach dem Tode des zu seiner Zeit führenden französischen Physikers Abbé Nollet, der sich gegen den Blitzableiter ausgesprochen hatte. Weitere Blitzableiter in Deutschland setzte J. J. Hemmer im Jahre 1776 auf dem Schloß Trippstadt bei Kaiserslautern, und im Sommer des gleichen Jahres erhielt München seine erste «Wetterstange»: auf dem Landhaus des Akademiemitglieds Peter v. Osterwald «auf dem Gasteig» an der Isar.

Ein entscheidender Schritt vorwärts auf dem Weg, der dahin führen sollte, die Natur der elektrischen Erscheinungen aufzudecken, gelang im November 1780 dem Mediziner Luigi Galvani (1737–1798) zu Bologna. Rein zufällig machte er 1780 die Beobachtung, daß ein frisch präparierter Froschschenkel, der mit verschiedenen Metallen in Berührung stand, jedesmal in Zuckungen geriet, wenn eine in der Nähe stehende Elektrisiermaschine bedient wurde und dabei eine elektrische Entladung stattfand. Diese Erscheinung erregte sein Erstaunen, denn es war keine Verbindung des Präparates mit der Elektrisiermaschine vorhanden. Galvani war ein echter

Naturforscher: Er setzte alles daran, durch Experimente hinter das Geheimnis der zuckenden Froschschenkel zu kommen; die große Reihe von Versuchen, die er 12 Jahre hindurch anstellte, brachten ihm zunächst allerdings nur den Spitznamen «Tanzmeister der Frösche» ein. So legte sich Galvani die Frage vor, ob wohl die Froschschenkel auch unter dem Einfluß atmosphärischer Elektrizität zucken würden. Er hängte deshalb die Froschschenkel mit kupfernen Haken an ein eisernes Geländer im Freien auf. Wurden dabei die Schenkel vom Wind gegen das Geländer gedrückt, so zuckten sie ebenfalls! Und zwar offenbar auch ohne Mitwirkung der Luftelektrizität. Galvani erkannte, daß es sich um ein neuartiges Phänomen handle und faßte die von ihm beobachteten Erscheinungen als «tierische Elektrizität» auf. Seine Versuche erregten großes Aufsehen. Unter den zahlreichen Forschern, die Galvanis Experimente nachprüften und fortführten, befand sich auch Alessandro Volta (1745–1827), damals Professor der Physik zu Pavia. Ihm war es vorbehalten, Galvanis Theorie von der «tierischen» Elektrizität zu widerlegen und die richtige Erklärung zu finden, daß es nämlich zum Hervorrufen galvanischer Erscheinungen gar keiner lebenden Substanz bedürfe.



Ein besonders vorsichtiger Herr, Monsieur du Bourg aus Paris, «erfand» 1786 einen Regenschirm mit Blitzableiter

Als Volta sich mit den Experimenten Galvanis zu beschäftigen begann, genoß er bereits den Ruf eines sorgfältigen Experimentators; auch auf dem Gebiet der Erforschung elektrischer Erscheinungen hatte er sich bereits einen Namen gemacht. Mit seinem Kondensator, den er mit dem Strohhalm-Elektrometer verband (1782), hatte Volta ein Mittel zum Nachweis auch geringer Elektrizitätsmengen ersonnen, das ihm bei seinen späteren Untersuchungen der kontaktelektrischen Phänomene von größtem Wert sein sollte. Im Verlauf seiner Nachprüfung der Versuche Galvanis gelangte Volta immer mehr zu der Auffassung, daß man es in den Metallen nicht mit bloßen Leitern, sondern mit eigentlichen «Erregern» der Elektrizität zu tun habe. 1794 bekannte er sich offen als Gegner der Lehre von der «tierischen» Elektrizität und stellte 1799 auf Grund vielfacher Versuche eine erste Spannungsreihe auf. In das Jahr 1796 fiel sein berühmter Fun-

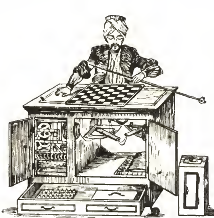
damentalversuch der Kontaktelektrizität: das Auftreten entgegengesetzter Elektrizität durch die bloße Berührung zweier verschiedenartiger Metalle. «Die Berührung verschiedener Leiter», so sagt Volta in einem Schreiben aus diesem Jahre, «die ich trockene Leiter oder Leiter erster Klasse nenne, mit feuchten oder Leitern zweiter Klasse, erregt das elektrische Fluidum ...» Volta zeigte, daß ein elektrischer Strom erzeugt wird, wenn zwei trockene Leiter mit einem feuchten Leiter und unter sich in Verbindung stehen und auf diese Weise einen Kreis von Leitern bilden, ein «galvanisches Element» – «galvanisch» deshalb genannt, weil Volta seinen theoretischen Gegner Galvani dadurch ehrte, daß er für diese Art elektrischer Phänomene die Bezeichnung «Galvanismus» wählte. Durch Zusammensetzen vieler galvanischer Elemente oder Plattenpaare, wodurch das «elektrische Fluidum» vervielfacht wurde, gelangte Volta 1799 zur Konstruktion seiner «Säule», die er zunächst «Elektromotor» nannte. Die erste Voltasche Säule bestand aus 30, 40, 60 und mehr Silber- und Zinkplatten, zwischen denen je ein Stück Tuch lag, das mit Salzwasser oder Lauge getränkt war. Damit hatte Volta jenen Grundtyp einer Stromquelle geschaffen, der zum Ausgangspunkt einer neuen Epoche in der Elektrizitätserzeugung werden sollte.

Im Jahre 1801 wurde Volta von Napoleon durch Verleihung einer auf ihn geprägten goldenen Medaille geehrt. Im Jahr darauf schlug Volta für den Preis, den Napoleon für die beste Arbeit über Elektrizität gestiftet hatte, den aus Samitz bei Hainau in Schlesien stammenden, in Jena wirkenden Physiker Johann Wilhelm Ritter (1776–1810) vor, der sich durch seine experimentellen Forschungen über den Galvanismus ausgezeichnet hatte. Er war zugleich der erste in Deutschland, der, wenige Monate nach William Nicholson und Sir Anthony Carlisle und unabhängig von diesen, die elektrolytische Zersetzung des Wassers beobachtete (1800). Die Beachtung der chemischen Vorgänge in der «galvanischen Kette» führte ihn zur Entdeckung der galvanischen Polarisation und zur Erfindung der Ladungssäule (1801), die als die erste Form des Akkumulators angesehen werden kann (1802). Sie bestand aus 50 talergroßen Kupferplatten (statt der teuren Silberplatten, mit denen Volta gearbeitet hatte), die er durch ebenso viele «kochsalznasse Pappen» voneinander trennte. Die Erfindung der Trockensäule (1802), die später Giuseppe Zamboni zugeschrieben wurde, ist ebenfalls sein Verdienst. Ritter hat weiter den Nachweis dafür geführt, daß die von der Voltaschen Säule gelieferte galvanische Elektrizität in jeder Hinsicht mit der durch Reibung erzeugten statischen Elektrizität übereinstimmt, er hat als erster metallisches Kupfer aus einer Kupfervitriollösung ausgeschieden, also die Grunderscheinung der Galvanoplastik gefunden (und als erster einen Thermostrom beobachtet sowie die verschie-

dene elektrische Leitfähigkeit der Metalle festgestellt). Und Ritter hat, wiederum als erster, erkannt, daß chemische Umsetzungen die Ursache der Stromerzeugung im galvanischen Element sind. In seinen letzten Lebensjahren (seit 1804 war Ritter in München) hat er sich eingehend mit der Wechselwirkung zwischen Elektrizität und Magnetismus beschäftigt, was nicht ohne Einfluß auf Hans Christian Oersted blieb, mit dem er in lebhaftem Briefwechsel stand, und schon 1805 ahnte er die Gesetzmäßigkeiten, die Georg Simon Ohm 22 Jahre später in seinem berühmten Gesetz von den Beziehungen zwischen Strom, Spannung und Widerstand zusammengefaßt hat. Als Naturphilosoph war Ritter ein typischer Romantiker, und der zarteste und tiefste aller Romantiker, Friedrich Freiherr von Hardenberg, der unter dem Namen Novalis der Hüter der Blauen Blume der Romantik geworden und geblieben ist, hat von ihm gesagt: «Ritter ist Ritter, und wir alle nur Knappen.» Wie Novalis, so ist auch Ritter, ein maßlos Lebender, maßlos Erlebender, maßlos Schaffender, allzufrüh von der «Krankheit der Romantiker» dahingerafft worden, von der Lungentuberkulose. Ein merkwürdiges Schicksal hat es gefügt, daß von diesem genialen Forscher und genialischen Schwärmer kein Porträt, nicht einmal eine Silhouette, auf die Nachwelt gekommen ist. Die Einheit von Elektrizität, Magnetismus, Licht und Wärme, die Ritter ahnend schaute, sie wurde Gewißheit jener nüchternen Naturwissenschaft, die das Zeitalter der physikalischen Spielereien und der romantischen Naturschau ablösen sollte. Hier wie dort jedoch galt und gilt Ritters Satz: «Der Mensch steht vor der Natur wie ein Fragezeichen; seine Aufgabe ist es, den krummen Strich daran gerade oder ein Ausrufungszeichen daraus zu machen.»

Automaten, Papier und Zucker

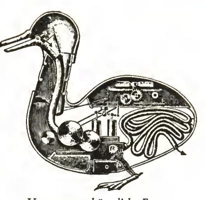
Das 18. Jahrhundert hat uns auch Meisterwerke der Feinmechanik geschenkt, wie sie in unserer Zeit der Unrast wohl niemand mehr baut: die Automaten. Sie sind in mehrfacher Hinsicht interessant: In diesen Automaten äußert sich nicht nur das Spielerische des Rokoko, sondern auch der Versuch, «mechanisch» hinter das Geheimnis des Lebendigen zu kommen oder es wenigstens in einer seiner Haupteigenschaften zu fassen – in der Bewegung. Wie sehr solche Automaten die Gedanken auch der Dichter und Musiker bis weit ins nächste Jahrhundert hinein bewegt haben, dafür sei nur ein Beispiel genannt: Jene schöne Olympia aus E. Th. A. Hoffmanns Novelle und aus Offenbachs «Hoffmanns Erzählungen» ist ein Automat. Diese Automaten aber sind Vorläufer der Konstruktionen, die heute als «Roboter» am Anfang eines neuen technisch-industriellen Zeitalters stehen.



Kempelens Schachautomat – ein Schwindel, auf den viele hereinfielen. Erst mit der Elektronenrechenmaschine unserer Zeit ist das Problem des Schach spielenden Automaten wieder aktuell geworden

Die berühmte «Schachmaschine» (1768) des aus Preßburg gebürtigen Hofrats Wolfgang von Kempelen (1734–1804) freilich gehört nicht dazu. Sie war glatter Betrug, denn sie wurde von einer im Innern der Maschine verborgenen Person bedient. Der Schachautomat machte jedoch den Zeitgenossen lange Zeit erhebliches Kopfzerbrechen, bis endlich das Geheimnis gelüftet wurde. Kempelen hat von 1778 an auch Sprechmaschinen konstruiert, die Erstaunliches geleistet haben sollen. Der erste, der versucht hat, das gesprochene Wort einzufangen und gewissermaßen aufzubewahren, um es zu gegebener Zeit wieder erklingen zu lassen, war Kempelen jedoch nicht, und selbstverständlich war er auch nicht der letzte; erst durch Edisons Phonographen ist die Idee des «sprechenden Automaten» wirklich realisiert worden. Zu Kempelens Konkurrenten gehörte der Abbé Mical mit seinen «Sprechenden Köpfen» (1783); Mical hat sogar ein ganzes Automatenorchester gebaut. Auch ein gewisser Richard hat um 1772 ein «mechanisches Konzert» konstruiert, das aus drei Automaten in Menschengestalt von natürlicher Größe und einer vierten, kleineren bestand; eine Frauenfigur spielt Klavier, ein Violin- und ein Violoncellospieler begleiten sie. Vorstellen darf man sich diese musizierenden Automaten etwa so wie die Trommler, Fanfarenbläser und Geiger der Jahrmarkts-Schießbuden. Besonders berühmt als Automatenbauer wurde der Mechaniker Jacques de Vaucanson (1709–1782). Er baute nur einzelne Musikautomaten, aber in höchster Vollendung (1738). Viel bestaunt wurden Vaucansons «Androiden», das heißt menschenähnliche Automaten. Da gab es einen sitzenden Flötenspieler von 5½ Fuß Größe, der 12 Stücke auf einer Querflöte spielte, ferner eine ebenfalls sitzende Figur von gleicher Größe, die in derselben Art 20 Stücke auf einer Schäferpfeife blies (der Blasebalg war wie beim Flötenspieler eingebaut) und außerdem mit der rechten Hand die Trommel schlug. Am meisten Aufsehen aber erregte eine lebensgroße Ente aus Messing, die im Dahinwatscheln mit den Flügeln schlug, schnatterte, Wasser und Körner fraß und diese scheinbar sogar verdaute: Die künstliche Ente gab eine dunkle Masse von sich! Mit seinen wirklich sehr kunstreichen

Automaten machte Vaucanson weite Schaureisen, war aber offenbar kein so guter Geschäftsmann wie andere, die damals mit falschen Automaten auftraten, solchen also, die nicht durch «mechanische Künste» betrieben wurden, sondern etwa durch Kinder, die man im Innern des Automaten versteckt hatte. Anno 1752 hat Vaucanson seine Kunstwerke in Nürnberg verpfändet. 33 Jahre später erwarb sie dann Gottfried Christoph Beireis, Professor in Helmstedt, das damals Universität war. Beireis, ein seltsamer Kauz, der in allen Wissenschaften zu Hause war (1759 wurde er in Helmstedt Professor der Physik, 1762 der Medizin, 1768 der Chirurgie), verdiente sich sein Geld mit chemischen Erfindungen und trug aus dem Erlös eine große Kuriositäten-, Naturalien-, Instrumenten- und «Kunst»-Sammlung zusammen. Vaucansons Automaten waren so recht nach dem Geschmack dieses gelehrten Sonderlings, aber als Beireis sie 1785 in die Hände bekam, waren sie verstaubt, verrostet, verrottet. Der Nürnberger Mechaniker Johann Georg Bischoff reparierte in Beireis' Auftrag, was zu reparieren war, doch als Goethe den alten Beireis 1805 in Helmstedt besuchte und sich sein Raritätenkabinett ansah, waren die Automaten nicht mehr in gebrauchsfähigem Zustand. Nach Beireis' Tod 1809 wurden sie versteigert. Die großen Automaten sind verschollen, die Ente verbrannte 1879 mit der Bude des Schaustellers Gassner in Charkow.



Vaucansons «künstliche Ente»

Außer seinen «Androiden» hat Vaucanson, wie bereits erwähnt, 1749 das Modell eines Musterwebstuhls gebaut und ein Jahr zuvor seinem König einen vom Wagenlenker durch Kurbeln zu bewegenden «Kraftwagen» vorgeführt. Das war allerdings nicht der erste seiner Art: Der Nürnberger Zirkelschmied Hans Hautsch hat schon 1649 mit einem solchen Aufsehen erregt, einem «Kunstwagen», der, so heißt es, von einem im Innern versteckten Knaben durch Treibräder in Bewegung gesetzt wurde; er besaß sogar bereits eine richtige Hupe in Gestalt eines Posaunenengels. Für den Fall aber, daß diese nicht ausreichen sollte, dem Gedränge des schaulustigen Publikums Einhalt zu gebieten, war – als Gallionsfigur – ein Drache vorgesehen, der Wasser spritzen konnte! Hautschs Landsmann, der gelähmte Uhrmacher Stephan Farffler, fertigte sich um 1655 ein dreirädriges Wägelchen, das er durch Handkurbeln fortbewegte (s. Tafel S. 325).

Wir sind die
Androiden
Jaquet Droz.



So schrieben und zeichneten die ebenfalls «Androiden» genannten Automaten von Droz, die sich jetzt im Museum von Neuchâtel befinden

Und durch Paris rollte um 1690 jahrelang eine von einem hintenauf stehenden Diener getretene Kutsche: die des Arztes Elie Richard.

Vaucanson vermachte seine reiche Maschinensammlung dem Staate. Sie bildete den Grundstock zum Conservatoire des Arts et Métiers in Paris.

Nicht minder berühmt als Vaucansons «Androides» war der Schreiberautomat des Schweizer Theologen Pierre Jaquet Droz. 1760 hatte Droz die Figur eines sitzenden Kindes gebaut, das, einen Stift in der Hand haltend und die natürliche Armbewegung nachahmend, jeden Buchstaben einzeln auf eine Unterlage malte. In München konstruierte der «Hofmaschinist» Joseph Gallmayr von 1747 an allerlei kuriose Automaten, so einen pfeifenden und umherhüpfenden Kanarienvogel, einen Flötenspieler in Lebensgröße und einen komischen Mops, der allerlei Hundeunarten vollführte. Dieser vielseitige Mann schuf 1776 bereits eine Taschenuhr, die sich beim Gehen selbst aufzog, eine sogenannte Perpetuale: die erste ihrer Art und damit die Vorläuferin der Automatic-Armbanduhren unserer Tage. All diese mechanischen Spielereien waren bei wohlhabenden Liebhabern sehr gesucht und wurden teuer bezahlt; könnten die hochvermögenden Herren des Rokoko allerdings die mechanischen und elektrischen Spielzeuge von heute sehen, so würden sie aus dem Staunen nicht herauskommen.

Zu den Mechanikern von Ruf gehörte auch der württembergische Pfarrer Philipp Matthäus Hahn (1739–1790). Er besaß eine Werkstatt in Onstmettingen und, von 1770 ab, in Kornwestheim, wo er auch astronomische Instrumente und insbesondere Waagen herstellte. Von 1770 bis 1774 hat Hahn die erste brauchbare Rechenmaschine gebaut. Er kannte Leibniz' Konstruktion und übernahm von ihr den wichtigsten Teil, die Staffel- oder Stufenwalze. Seine Maschine hat er dann weiter verbessert und 1777 dem Kaiser Joseph II. vorgeführt. Diese Multiplikationsmaschine erregte viel Aufsehen und wurde in Zeitschriften der Zeit eingehend erörtert. Der Ingenieurhauptmann Johann Helferich Müller konstruierte 1782/83, auf einer Veröffentlichung Hahns von 1779 fußend, eine ähnliche Maschine. Hahns Rechenmaschine muß als Ausgangspunkt für spätere Konstruktionen angesehen werden, beispielsweise für die des Elsässers Xavier Charles

Thomas, die 1820–1822 entstand, zuerst von Paris aus große Verbreitung erlangte und wiederum zum Vorbild für neuere Konstruktionen wurde. Die elektromagnetisch oder elektronisch arbeitenden «programmgesteuerten» Rechenmaschinen unserer Tage gehen im Prinzip zurück auf den grundlegenden Entwurf eines mechanischen Rechenautomaten des Engländers Charles Babbage (1792–1871), der von 1829 bis 1839 Professor am «Trinity»-College in Cambridge war; soweit sie mit Lochkarten arbeiten, ist ihr «Urahn» Jacquards Webstuhl (s. S. 162 und Tafel S. 424).

Die Zeit, da man sich spielerisch an Automaten ergötzte, da man heute einen frivolen Roman, morgen ein kraß rationalistisches, ja materialistisch-atheistisches Buch verschlang, um sich übermorgen in mystischem Schauer in die angeblichen Geheimnisse eines okkultistischen Ordens zu versenken – diese Zeit war ungemein schreibfreudig, ein «tintenklecksendes Säkulum», vor dem es Schillers Karl Moor ekelte. Wenn aber so viel Papier beschrieben, so viel bedruckt wurde – bestand nicht Gefahr, daß man eines Tages nicht genug davon haben würde? So ist es kein Wunder, daß die Versuche, Papier aus anderen Rohstoffen herzustellen als aus Lumpen, bis etwa auf die Mitte des 18. Jahrhunderts zurückgehen, wenn auch die Haderlumpen damals noch keine Mangelware waren. Der erste, der sich ernsthaft darum bemüht hat, andere Ausgangsmaterialien für die Papierfabrikation zu finden, war der Botaniker Jean Etienne Guettard (1715 bis 1786). Sein Lehrer, der Zoologe und Physiker René Réaumur, hatte ihn dazu angeregt: Die papierartige Masse, die manche Wespenarten als Baustoff für ihre Nester benutzen, ist nichts anderes als feinstgenagtes Holz! Guettard dachte aber außerdem an das aus baumwollenen Lumpen hergestellte chinesische Papier und richtete seine Aufmerksamkeit deshalb auch auf einheimische Gewächse mit «Woll»samen – Distel, Hundstod, Weide und andere. Er hat zuerst 1751 ausführlich über seine Versuche berichtet. In Deutschland widmete sich der gleichen Aufgabe der vielseitige Prediger und Naturforscher Jakob Christian Schäffer (1718–1790) in Regensburg; er hat 1765–1771 ein sechsbändiges Werk erscheinen lassen, dem zahlreiche Proben neuartiger Papiersorten beigegeben sind. Auch Schäffer erprobte Wespennester, Pappelwolle, Sägespäne, Moos, Torf und anderes als Rohstoffe, wobei er es allerdings auf Papiere geringerer Qualität abgesehen hatte, nicht aber auf solche für die Feinpapiermacher. Und der aus Hamburg stammende Matthias Koops, der um 1800 in Millbank bei London eine Papierfabrik besaß, entwickelte ein Verfahren, Papier aus Stroh, Heu, Disteln, Abfällen von Hanf und Flachs sowie verschiedenen Holzarten herzustellen. Im Jahre 1800 hat er ein auf Strohpapier gedrucktes Buch über seine Erfindung und sein Fabrikat veröffentlicht, scheint sein Unternehmen aber um 1805 wieder aufgegeben zu haben. Die

technische Nutzung von Holz für die Papierfabrikation ist dann endgültig erst Friedrich Gottlob Keller (1816–1895) gelungen, dem Erfinder des Holzschliffs; 1845 erhielt er auf sein Verfahren ein sächsisches Patent. Dieses wurde, um das hier vorwegzunehmen, ein Jahr darauf von Heinrich Voelter erworben, der daraufhin begann, Holzpapier in größerem Maßstab fabrikmäßig herzustellen.

Einer weiteren wichtigen Erfindung des 18. Jahrhunderts ist noch zu gedenken, die unseren Blick über den Atlantik lenkt: Eli Whitneys (1765 bis 1825) Baumwoll-Entkernungsmaschine.

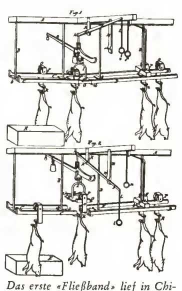
In England war Lancashire zum Textilzentrum der Erde geworden, und Arkwrights Baumwollspinnmaschine sowie Cartwrights automatischer Webstuhl hatten dieser Industrie einen gewaltigen Aufschwung gegeben. Der Bedarf an Baumwolle stieg. Nachdem der amerikanische Jurist und spätere Finanzminister Alexander Hamilton die Baumwollerzeugung in den Südstaaten Amerikas besonders gefördert hatte, wurden dort Millionen von Negern als Sklaven auf Baumwollplantagen beschäftigt, die zu Hauptlieferanten des Rohmaterials für England wurden. Der rapid steigende Bedarf konnte jedoch bald nicht mehr gedeckt werden, da die Reinigung der Rohbaumwolle, das Entkernen, sehr zeitraubend war. Im Jahre 1792 wurden knapp 600 Tonnen Baumwolle erzeugt.

Die Lösung dieses wichtigen Problems brachte der erfinderisch hochbegabte Eli Whitney mit seiner Baumwoll-Entkernungsmaschine, der «cotton-gin» – gin ist eine Verstümmelung des Wortes engine –, die er im Jahre 1793 erfand und ein Jahr darauf patentiert erhielt. Zwei parallele Walzen oder Zylinder bildeten den Hauptbestandteil dieser Maschine. Eine dieser Walzen war mit parallelen Reihen hakenartiger Zähne ausgestattet, welche die Rohbaumwolle zerrissen und die Fasern durch ein Gitter zogen, dessen Zwischenräume so eng waren, daß die Samenkerne nicht hindurch konnten. Sie fielen in einen Behälter unter die Maschine. Die andere Walze, bedeckt mit steifen Borsten, bürstete die Baumwollfasern, die nun von den Samenkernen befreit waren, in einen anderen Behälter. Die Maschine konnte, durch Wasserkraft angetrieben, am Tage 5000 Pfund Rohbaumwolle reinigen und dadurch die Arbeit von 1000 Negern leisten. Die Pflanzer waren begreiflicherweise von dieser Erfindung begeistert.

Aber sie brachte Whitney kein Glück. Er und sein Partner Phineas Miller wollten die Maschinen nicht an die Pflanzer verkaufen, sondern sie ihnen gegen eine Gewinnbeteiligung von 33½% vermieten, wodurch er sie verärgerte. 1795 brannte zudem Whitneys Fabrik nieder, wobei alle Maschinen und Aufzeichnungen vernichtet wurden. Die Pflanzer ließen nun ungeachtet der Patentrechte von Whitney seine Cotton-gin nachbauen, und Whitney, der in Schulden geriet, vermochte auch in dem folgenden

Gerichtsverfahren (1797) seine Rechte nicht durchzusetzen. Erst 1801 besserten sich seine Aussichten. Er verkaufte seine gesamten Rechte für 50000 Dollar an Südkarolina, wurde also nur sehr bescheiden entschädigt. Aber die Baumwollerzeugung des Südens vergrößerte sich von 190000 Ballen Baumwolle im Jahre 1791 auf 41 Millionen Ballen im Jahre 1803.

Auch auf einem anderen Gebiet hat Whitney revolutionierend gewirkt. Er wurde Waffenfabrikant und errichtete in Connecticut eine Gewehrfabrik. Hier führte er als erster die Serienfabrikation ein, mit auswechselbaren Einzelteilen. Die eigentliche Fließarbeit stammt aus späterer Zeit; ihr Vorbild ist das «Fließband» in den großen Schlachthäusern Chicagos seit Ende der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts.



Das erste «Fließband» lief in Chikago. Das Bild aus einer Patentschrift von 1869 zeigt eine automatische Waage am Anfang der Fließstraße

Auch für die Beleuchtung brachte das ausgehende 18. Jahrhundert einen wesentlichen Fortschritt. Es ist merkwürdig, daß die alte Öllampe seit den Römerzeiten bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts so gut wie keine technische Verbesserung erfahren hat. Ein Franzose namens Favre erhielt 1703 ein Privileg auf eine Reflektorlampe für die Straßenbeleuchtung, und 1755 waren Rabiqueau's «optische Lampen» wegen ihrer Helligkeit beliebt, die wahrscheinlich mit Réverbèren – das heißt mit Reflektoren – ausgestattet waren. 1765 erfand Grosse in Meißen die Pumplampe, 1780 Bertrand Guillaume Carcel in Paris die Uhrwerkspumplampe. Aber erst der von Leger 1782 an die Stelle des bis dahin üblichen gedrehten Runddochts gesetzte Flachdocht schuf die Grundlage für eine weitere Entwicklung des Brenners. François Pierre Ami Argand aus Genf (1750–1803) konstruierte 1783 den Rundbrenner, dessen wichtigsten Teil der zylindrische Hohldocht darstellt, und fügte seiner Lampe Anfang des nächsten Jahres den Glaszylinder bei; er erhielt auf die so vervollständigte Lampe mit innerem Luftzug am 15. März 1784 ein englisches Patent. Gebrannt wurde in diesen Lampen jedoch nach wie vor Rüböl. Argand selbst hielt Mineralöle für ungeeignet und empfahl neben dem Rüböl in erster Linie Spermaceti-Öl,

das aus dem Pottwal gewonnen wird. Die Argandlampe blieb lange Zeit der Grundtyp für die Öl- und später auch für die Petroleumlampen des 19. Jahrhunderts. Der Chemieprofessor Giuseppe Mojon in Genua versuchte, anscheinend sogar mit Erfolg, 1802 Erdöl in der Argandlampe zu brennen. Ähnliche Versuche machten zwischen 1810 und 1817 Josef Hecker und Johann Mitis mit galizischem Erdöl. Wir müssen hier ein wenig vorgreifen, denn die Ära der Petroleumlampe beginnt erst nach der Mitte des 19. Jahrhunderts, genau genommen mit jenem 27. August 1859, an dem man bei Titusville in Pennsylvanien einen artesischen Brunnen graben wollte und dabei in 21 m Tiefe auf eine Ölquelle stieß, die viele Wochen hindurch Tag für Tag 1000 Gallonen Erdöl lieferte. Damals brach das «Ölfieber» in Amerika aus, wie rund zehn Jahre zuvor das kalifornische «Goldfieber», und binnen 10 Jahren, von 1859 bis 1869, stieg die Erdölproduktion der USA um das Fünfzigfache. Jetzt lieferte Amerika Öl für die Lampen Europas.

Mineralöle statt der fetten Brennöle – statt des Rüböls oder des in der «Tranfunzel» viel gebrannten Wal- oder Fischöls – hatte man aber schon in Europas Lampen vor dem Beginn der amerikanischen Erdölimporte gebrannt. Die künstlichen Mineralöle, gewonnen aus den Produkten trockener Destillation des Teers, begannen um 1834 den fetten Brennölen den Rang streitig zu machen, und es kamen allerhand Lampen, die für diese ätherischen Öle konstruiert waren, auf den Markt. Gemäß der Ähnlichkeit dieser Brennstoffe mit dem Erdöl waren diese Lampen, auf die zum Beispiel der Liverpooler Fabrikant Karl Kurtz im Jahre 1843 ein Patent erhielt, sozusagen direkte Vorläufer der eigentlichen Petroleumlampen. Als dann zu Beginn der 60er Jahre das amerikanische Erdöl auf den europäischen Markt gelangte, entwickelte sich vor allem in England und in Deutschland schnell die Lampenindustrie. Im allgemeinen konnte man nicht in jeder beliebigen Öllampe Petroleum brennen, denn das Petroleum hatte ein geringeres spezifisches Gewicht als das Rüböl und war vor allem leichter entzündlich. Auch erforderte das Petroleum eine genauere und schärfere Luftzuführung, was wiederum eine kompliziertere Konstruktion des Brenners bedingte. Da das Rüböl schwer aufsaugbar ist, mußte der Ölbehälter möglichst über dem Niveau des Brenners oder mindestens in gleicher Höhe angeordnet sein. Erst das Petroleum und andere Mineralöle gaben die Möglichkeit, das Reservoir im Fuß der Lampe anzuordnen, und so entstand schließlich jene Petroleumlampe, die bis vor wenigen Jahrzehnten in jeder Wohnung zu finden war.

Mit der Petroleumlampe sind wir schon weit aus dem 18. Jahrhundert hinausgelangt, ganz einfach deshalb, weil wir den historischen «Faden» nicht abreißen lassen wollten. Nicht viel anders ist es mit einer für unsere

Ernährung ganz entscheidenden Erfindung: mit dem Rübenzucker. Die Rübenzuckerindustrie hat sich erst im 19. Jahrhundert entwickelt, ihre Wurzeln aber liegen im 18. Jahrhundert.

Lange Zeit besaß der Mensch als Süßmittel nur den Honig. Der in Ostindien beheimatete Rohrzucker wurde dem Abendland zur Zeit Alexanders des Großen, im 4. vorchristlichen Jahrhundert, bekannt. Fester Zukker in Stücken wird erst ums Jahr 627 erwähnt: der oströmische Kaiser Heraklios erbeutete in einem persischen Königsschloß solchen Zucker. Im Hochmittelalter waren die Araber die Vermittler der Zuckereinfuhr aus dem fernen Osten; damals wurde Zuckerrohr auch in Ägypten angebaut, zur Zeit der Kreuzzüge dann auch auf Zypern und in Südeuropa. Die Ravensburger Handelsgesellschaft, die weitverbreiteten Außenhandel betrieb, besaß 1461 in Spanien eine Zuckerraffinerie. Nach der Entdeckung Amerikas wurde das Zuckerrohr auch in die dortigen Kolonien eingeführt, vor allem auf die Antillen. Von etwa 1600 an sorgte besonders die Britisch-Ostasiatische Compagnie für die Einfuhr von Zucker nach Europa.

Der Berliner Chemiker Alexander Sigismund Marggraf (1709–1782) entdeckte 1747 den Gehalt an kristallinischem Zucker in der Runkelrübe und empfahl schon damals dessen Gewinnung im großen. Dieser Gedanke wurde aber erst 1799 von seinem Schüler, dem Hugenotten Franz Carl Achard (1753–1821), wieder aufgegriffen. Er sollte damit einen neuen Zweig der europäischen Industrie begründen. Achard verfolgte ausdrücklich den Endzweck, das größtenteils englische Monopol des Zuckerimports zu umgehen; um 1802 lehnte er sogar entrüstet einen Bestechungsversuch englischer Zuckerfabrikanten ab. Das Vorbild, das er mit seiner vom preußischen Staat geförderten Versuchs-Rübenzuckerfabrik zu Cunern in Schlesien (1799) gab, wurde schnell nachgeahmt, was um so leichter war, als Achard eingehende Anleitungen zur Zuckergewinnung aus Rüben veröffentlichte. Chemiker und Landwirte wetteiferten alsbald in der praktischen Ausführung dieser Anleitungen, und überall blühten von 1800 ab Zuckerraffinerien auf, die den Bedarf zu decken suchten. Das war besonders wichtig und erfolgversprechend in der Zeit der Kontinentalsperre (1807–1813), die ja Europa unter der Faust Napoleons vor die Notwendigkeit stellte, sich für zahlreiche bis dahin importierte Lebens- und Genußmittel nach Ersatzstoffen umzusehen. Dazu gehörte außer Kaffee und Tabak auch Zucker. Nach Aufhebung der Kontinentalsperre konnten jedoch in Deutschland die meisten der jungen Zuckerfabriken wegen des Sinkens der Rohrzuckerpreise nicht lebensfähig erhalten werden, da der Betrieb noch nicht rationell genug war. Aber die einheimische Zuckerindustrie erholte sich bald wieder von dieser Krise. Die züchterische Veredelung der Zuckerrübe tat dann das Ihre.

Vom Dampfwagen zur Eisenbahn

«Meine siebente neue Erfindung» – so hatte sich James Watt in seiner Patentschrift von 1784 geäußert – «bezieht sich auf Dampfmaschinen, die zur Beförderung von Personen, Waren und anderen Gegenständen von Ort zu Ort verwendet werden sollen; für solche Fälle muß die Maschine selbst beweglich sein.» Dieser Gedanke war nicht neu; schon 1769 hatte Cugnot in Paris einen ersten Versuch mit einem Dampfwagen gemacht (s. S. 158).

Als Watt seine «siebente neue Erfindung» ankündigte, ließ die Beförderung der Reisenden ebenso viel zu wünschen übrig wie die Reisegeschwindigkeit; denn der Zustand der Straßen gestattete nur eine recht gemächliche Fortbewegung, und Radbrüche oder andere Unfälle waren an der Tagesordnung. Für die 705 km lange Strecke von Memel nach Berlin beispielsweise benötigte man mit dem Postwagen im günstigsten Falle 104 Stunden, und der junge Goethe brauchte 1765 für die Reise von Frankfurt nach Leipzig 10 Tage; als Daniel Chodowiecki im Jahre 1773 binnen 8 Tagen von Berlin nach Danzig gelangte, galt das als Rekordleistung. Georg Christoph Lichtenberg – gleich bedeutend als Physiker wie als Satiriker und als Stilist – hob die Bequemlichkeit und Schnelligkeit der englischen Postkutschen im Gegensatz zu den preußischen lobend hervor. Eine Besserung brachten erst die Extraposten, deren Blütezeit allerdings sehr spät, sozusagen kurz vor Torschluß, begann, nämlich um 1830. Aber noch 1840 kam Moltke zu Fuß von Göttingen nach Goslar schneller als die hannoversche Post, die sein Gepäck beförderte.

Angesichts solcher Verhältnisse war es nur allzu begreiflich, daß man sich von der Dampfmaschine auch für den Reiseverkehr und für die steigenden Transportbedürfnisse viel versprach. Man ging also daran, eine «selbst bewegliche» Maschine zu schaffen, wie Watt sie angekündigt hatte. William Murdock, Watts Assistent, konstruierte zwischen 1784 und 1786 das Modell eines Dampfwagens, ließ es aber damit bewenden. In den Jahren 1796/97 baute dann Richard Trevithick mehrere Modelle und schuf schließlich auf Grund der Erfahrungen, die er mit diesen gewonnen hatte, 1801 seinen ersten Dampfwagen, der denn auch tatsächlich in den Straßen Londons lief und 1802 patentiert wurde. Es sollte nun nicht mehr lange dauern, bis es zu einem regelrechten Dampfwagen-Boom kam.

Am 16. Januar 1828 schrieb Fürst Hermann Pückler-Muskau aus London: «Der neue Dampfpostwagen ist soeben fertig geworden und legt

probeweise im Regentpark fünf Meilen in einer halben Stunde zurück. Doch ist noch jeden Augenblick etwas daran zu reparieren. Ich war einer der ersten Neugierigen, die ihn versuchten, fand aber den fettigen Eisengeruch, der auch die Dampfschiffe so unangenehm macht, doppelt unerträglich.»

Fürst Pückler dürfte mit seiner Schilderung den Dampfwagen von Goldworthy Gurney gemeint haben; Gurney begann 1823 mit seinen Versuchen und baute 1827 einen der Landkutsche nachgebildeten großen Dampfwagen, der vier Haupträder und vorn zwei kleine Räder hatte. Der Dampfkessel war hinten aufmontiert, die Maschinerie unter dem Wagengestell befestigt: Die Kolbenstangen wirkten unmittelbar auf zwei Kurbeln, und die Kurbelwelle bildete zugleich die Achse der Hinterräder. Ein solcher Wagen lief erfolgreich zwei Jahre lang in und um London mit einer Geschwindigkeit von 15 englischen Meilen (also immerhin mehr als 20 Kilometer) in der Stunde. 18 Passagiere konnte Gurneys Dampfwagen befördern. Aber er litt an Kinderkrankheiten; Achsenbrüche und undichte Dampfrohre waren die Hauptursachen der häufigen Reparaturen. 1831 übernahm dann Sir Charles Dance Gurneys Wagen und richtete einen regelmäßigen Linienverkehr ein; dreimal täglich befuhren die Dampfwagen die 9 Meilen lange Strecke zwischen Gloucester und Cheltenham mit einer Stundengeschwindigkeit von 10 bis 12 Meilen. 1829 erschien ein weiterer Typ Dampfwagen: Walter Hancock baute in diesem Jahr den ersten von neun sehr praktisch ausgestatteten Wagen und nahm 1831 ebenfalls einen regulären Passagierverkehr zwischen London und Stratford auf. Seine Wagen, die in den Jahren von 1829 bis 1836 entstanden, erreichten eine Stundengeschwindigkeit von 15 englischen Meilen; Hancocks verbesserte Konstruktion «Automaton» konnte 22 Passagiere befördern und erreichte nahezu 20 Meilen in der Stunde, also rund 30 Kilometer. Der Wagen lief bis 1840 und beförderte während dieser Zeit 13000 Reisende. 1830 waren in London bereits 26 Dampfwagen in Betrieb. Ein von Nathan Gough gebauter und 1828 patentierter Wagen war vermutlich als erster mit einem Steuerrad auf etwas schräg stehender Säule ausgestattet.

Der Münchener Eisenbahnpionier Joseph von Baader (s. S. 204) nahm 1822 zu den erfolgreichen Versuchsfahrten, wie sie Hancock und andere unternommen hatten, kritisch Stellung. Daß ein Personenverkehr mit Dampfwagen möglich sei, hätten die Versuche wohl erwiesen. Bis man solche Wagen in großem Maßstabe vorteilhaft einsetzen könne, sei es jedoch noch ein weiter Sprung. Baader befürchtet mancherlei Gefahren als Folge der ständigen starken Erschütterungen, wobei er insbesondere an die Explosion des Dampfkessels denkt, und betont, er bleibe bei seiner schon 1816 ausgesprochenen Ablehnung solcher Unternehmungen.

Der letzte Vertreter dieser Art von Dampfomnibussen war das riesige Dampfautomobil, das Amédée Bollée 1878 baute; Bollée konnte mit seinem Dampfauto die Strecke von Le Mans, wo er wohnte, nach Paris in 18 Stunden bewältigen. Dabei wurde in ebenem Gelände eine Geschwindigkeit von 20 bis 25 Kilometern in der Stunde erreicht. Das Gewicht des Dampfautos betrug einschließlich des Kohlen- und Wasservorrats und der 12 Passagiere 3800 kg. Als ein Jahr später ein von der Berliner Maschinenfabrik Wöhlert nachgebautes Bolléesches Dampfauto seine Probefahrten machte, rissen die doch wahrlich nicht so schnell aus der Fassung zu bringenden Berliner vor Staunen Mund und Nase auf (s. Abb. S. 326).

Doch nicht auf der Straße sollte die «bewegliche Dampfmaschine», wie sie Watt vorgeschwebt hatte, ihren Triumph feiern. Es bedurfte eines anderen Mittels, die auf Räder gestellte Dampfmaschine vorwärtszubewegen, nämlich einer Schienenbahn in Form eiserner Geleise. Steingeleise als eingetiefte Rillen gab es gelegentlich schon im Altertum, so etwa bei dem Schiffszug auf der Landenge von Korinth, auf dem kleine Schiffe von Meer zu Meer über den Isthmus befördert wurden. Eine kriegstechnische Bilderhandschrift um 1430, die von dem «Anonymus der Hussitenkriege» stammt, kennt eisenbeschlagene Holzschienen für Wagen, auf denen das Baumaterial für Festungsanlagen befördert wird. Hundert Jahre später liefen die «Hunde» genannten Förderkarren in den deutschen Erzbergwerken auf hölzernen Geleisen. Auch in dem großen Bergwerksbuch von Georg Agricola (1556) ist das «gleis in Trömen» im Bilde dargestellt; so jedenfalls bezeichnet der deutsche Übersetzer des ursprünglich lateinischen Werkes die aus Balken bestehenden Geleise – in unserer «Trambahn» und im englischen «Tramway» klingt dieses «Trömen» heute noch nach. Um 1630 legte der englische Ingenieur Beaumont Holzschienen für den Kohlentransport von den Gruben in Newcastle-upon-Tyne zum Hafen. Die von Pferden gezogenen Wagen hatten gußeiserne Räder; 400 solcher Wagen waren im Betrieb. Ebenfalls in England, und zwar um 1738 in Whitehaven, wurden die ersten gußeisernen Grubengeleise angewendet. Doch fand Gabriel Jars 1765 auf seiner Studienreise, auf der er die neuartigen metallurgischen Verfahren kennenlernen wollte, in den Kohlengruben von Newcastle noch hölzerne Schienen. 1767 goß Richard Reynolds, Mitbesitzer eines Eisenwerks zu Coalbrookdale, Schienen von 1,5 m Länge und 11 cm Breite, und im Jahr darauf legte Richard Lovell Edgeworth der Londoner «Gesellschaft zur Ermunterung der Künste und Manufakturen» Modelle von Wagen vor, die den Transport auf solchen Eisenschienen erleichtern sollten; er erhielt als Preis für seinen Vorschlag die goldene Medaille. Zwanzig Jahre später schlug derselbe Edgeworth vor, solche eiserne Schienenbahnen auf all den Landstraßen anzulegen, die



Englischer Dampfautobus der Biedermeierzeit. Nach einem Kupferstich aus dem Jahre 1833

nach den großen Städten führen – die Idee der «Eisenbahn» blitzt auf! Im gleichen Jahre 1788 ließ Edgeworth die von ihm 20 Jahre zuvor projektierte Eisenbahn Wirklichkeit werden: Er baute sie auf seinem Landbesitz zum Transport von Kalkerde. Die Schienen waren an ihrer Oberseite nach innen vertieft, die Räder der Wagen hatten einen Radkranz mit einer erhabenen Wölbung. Später baute Edgeworth den ersten Kettenwagen, der gewissermaßen die «ebene Fahrbahn» mit sich führte und damit ein Vorläufer der Raupenfahrzeuge unserer Zeit war. Erst verhältnismäßig spät findet sich der erste gedruckte Hinweis auf eiserne Schienen, nämlich 1797 in einem Buch von John Curr, der behauptet, er sei der Erfinder und habe sie als erster vor 21 Jahren – also um 1776 – in Sheffield verlegt. Tatsächlich aber hat Curr nur Reynolds' Schienenkonstruktion verbessert.

Der eiserne Schienenweg war also bereit, der Bestimmung zugeführt zu werden, die dann seine eigentliche werden sollte. Richard Trevithick, der Pionier des Hochdruckdampfs, der bereits seit 1796 Dampfwagen gebaut hatte, kam als erster auf den Gedanken, die für den Lastentransport mit Rädern versehene Dampfmaschine auf die Schiene zu setzen. Damit begann Wirklichkeit zu werden, was von Oliver Evans aus Philadelphia, der selbst eine doppelt wirkende Hochdruckdampfmaschine entwickelt hatte, schon 1787 vorausgesagt worden war: «Die Zeit wird kommen, da

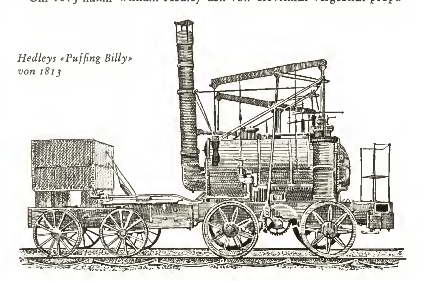
vom Dampf angetriebene Wagen allgemein gebräuchlich sein werden.» Anfang 1804 hatte Trevithick seine erste Lokomotive mit vertikalem Zylinder unter Benutzung der Kesselkonstruktion von Evans fertig. Sie war für Samuel Homfrays Eisenwerke in Pen-y-darren bei Abercynon bestimmt. Am 13. Februar 1804 fand die erste Versuchsfahrt statt. Es folgte eine Anzahl weiterer Fahrten, jedesmal über eine Strecke von 9 englischen Meilen, wobei die Maschine 15 Tonnen Eisenfracht und 70 Mann in 5 Waggons trotz des sehr mangelhaften Schienenweges mit einer Stundengeschwindigkeit von 5 Meilen – das sind 8 Kilometer – zog. Nach 5 Monaten jedoch mußte der Betrieb eingestellt werden: die Schienen waren der Belastung nicht gewachsen und brachen. Doch Trevithick ließ sich nicht entmutigen. Im Jahre 1808 zeigte er in London öffentlich auf einem kreisförmig angelegten Schienenring eine größere Lokomotive von 8 Tonnen Gewicht, die einen Waggon zog. Sie erreichte bereits Geschwindigkeiten von 12 Meilen in der Stunde. Dieses neuartige, Rauch und Dampf speiende Karussell ergötzte zwar das schaulustige Publikum, machte aber auf die Leute, die Trevithick für seine Erfindung interessieren wollte, keinerlei Eindruck. Der erwartete Erfolg blieb zunächst aus. Andere führten immerhin später den Gedanken weiter, und bis 1825 waren in England 29 «iron railways» in Gebrauch. Es handelte sich dabei allerdings um Lokomotiven für Förderanlagen von Kohlenbergwerken oder als Treidelfahrzeuge für die Kanalschiffahrt.

In Deutschland erfuhr man erstmals einiges über die Eisenschienen aus einer 1807 erschienenen Reisebeschreibung von Philipp Andreas Nemnich, die sich hauptsächlich mit dem Fabrikwesen in England und Schottland beschäftigte. Hierin hieß es: «Eiserne Wege (Iron Roads). Eine neue, höchst wichtige und nützliche Erfindung, um große Lasten Steinkohlen, Erze usw. von den Bergwerken nach den Kanälen usw. mit Leichtigkeit, Geschwindigkeit und geringen Kosten zu transportieren. Anfänglich waren sie von Holz, jetzt sind sie von Eisen, und in Großbritannien sehr gemein. Die Spuren dieser Wege sind von gegossenem Eisen ... und durch sogenannte Schläfer (Sleepers) oder Querlagen miteinander verbunden. Die Schläfer, worauf die Spuren angenagelt werden, sind entweder von Holz oder von Stein, letztere werden vorgezogen. In Wilkinsons Eisenwerken bey Bilston habe ich Spuren und Schläfer zusammen in ein Stück gießen gesehen. Ein Spurstück ist gemeiniglich drey Fuß lang und wird an das nächstfolgende befestigt. Es gibt gegenwärtig zwey Arten von eisernen Wegen. Die eine, oder die ältere, heißt Rail road, und hat flache, oder etwas erhobene Spuren, worinnen die Räder, welche eingetieft seyn müssen, eingreifen. Sie erfordert aber mehr Kosten und theuerere Wagen, als die neue Art oder Tram road. Hier formiren die Spuren einen rechten Win-

kel, dessen eine Seite auf die Schläfer befestigt wird, so daß die andere aufsteht. Die inneren Winkel sind auswärts gerichtet, und die darinn fassenden Räder sind schmal. Damit die Wagen nach verschiedenen Richtungen gehen, auch anderen Wagen ausweichen, so sind, zu diesem Ende, Kreuzspuren (Turnrails) in erforderlichen Strecken angebracht. Die Räder sind von Eisen ... Der Pfad für die Zugpferde sollte eigentlich trocken und mit kleinen harten Materialien gebahnt seyn. Aufwärts werden die Wagen gemeiniglich von Pferden gezogen, niederwärts gehen sie von selbst...» Von Trevithicks Lokomotive war Nemnich also noch nichts bekannt. Interessant ist in diesem Zusammenhange, daß die erste vom englischen Parlament erteilte «Eisenbahnkonzession» 1801 an die Surreybahn erteilt wurde, und zwar für eine Pferdebahn von Wandsworth nach Croydon. Diese lag auf einer öffentlichen Straße und war frei für jeden Frachtführer, diente jedoch nicht dem Personenverkehr. Erst von 1825 an begann man zu unterscheiden, daß Railway (= Eisenbahn) der regelmäßig mit Dampfwagen befahrene Schienenweg ist, daß auf den Geleisen der Tramway dagegen von Pferden gezogene Wagen laufen.

Ein anderer deutscher Englandreisender, der Bibliothekar Samuel Heinrich Spiker, sah in Leeds bereits 1816 Kohlenzüge mit Lokomotiven, die auf einer Strecke von 6 Meilen Länge eingesetzt waren. Die Maschine hatte 4 PS und bewegte den langen Wagenzug so schnell, daß man, wie Spiker mitteilt, fast nur im Trab mithalten konnte. Auch in Benwell fand Spiker die «Dampfkohlenwagen» in Gebrauch.

Um 1813 nahm William Hedley den von Trevithick vergeblich propa-



Hedleys «Puffing Billy» von 1813

gierten Gedanken wieder auf. Er baute eine Lokomotive mit zwei vertikalen Zylindern und verwendete wie Trevithick einen Kessel nach dem System von Evans. Dann richtete er für das Kohlenbergwerk in Wylam bei Newcastle eine Transportbahn ein und erhielt 1813 ein Patent auf seine «Puffing Billy», die bis 1862 in Betrieb blieb und sich jetzt im Londoner South Kensington Museum befindet. Noch zwei weitere Maschinen hat Hedley gebaut, doch waren ihm keine großen Erfolge beschieden; er darf jedoch als Vorläufer George Stephensons gelten. Auch John Blenkinsop mit seiner Zahnradlokomotive aus derselben Zeit konnte sich nicht durchsetzen. Auf den merkwürdigen Einfall des Zahnradantriebs auf ebener Strecke war Blenkinsop deshalb gekommen, weil die ach so klugen «Fachleute» meinten, das glatte Eisenrad würde auf der ebenso glatten Schiene nicht greifen.

Mit George Stephenson (1781–1848), dem Sohn eines Heizers aus Wylam, beginnt das Zeitalter des Eisenbahnverkehrs. Stephenson hatte als Gehilfe seines Vaters die beste Gelegenheit, sich mit Dampfmaschinen vertraut zu machen und wußte darüber bald besser Bescheid als die leitenden Ingenieure. Im Alter von 23 Jahren war er bereits Inspektor in den Killingworther Kohlengruben bei Newcastle. 1814 baute er seine erste Lokomotive für dieses Bergwerk, die «Bluecher», gleichfalls mit einem Evansschen Kessel und zwei vertikalen Zylindern. 1815 und 1816 folgten zwei weitere verbesserte Maschinen; sie erfüllten die an sie gestellten Erwartungen. Die dritte Maschine zog Kohlenzüge von 70 Tonnen Last mit einer Geschwindigkeit von 8 bis 10 km stündlich. Diese Lokomotive blieb mindestens drei Jahrzehnte in Gebrauch.

Mit seinem Sohn Robert gründete Stephenson im Jahre 1823 in Newcastle die Lokomotivfabrik Robert Stephenson & Co. Damals war in verschiedenen Unterhausdebatten die Streitfrage «Kanäle oder Eisenbahnen?» aufgeworfen worden, und Stephenson hörte von dem Plan einer Eisenbahnlinie von Stockton nach Darlington. Sofort besuchte er den geistigen Vater dieses Unternehmens, Edward Pease, in Darlington, und dieser erkannte schnell, daß er in Stephenson den richtigen Mann gefunden hatte. Er wurde zum Bauleiter ernannt. Im September 1824 bekam die Stephensonsche Fabrik zwei Lokomotiven in Auftrag und konnte sie ein Jahr darauf liefern: die «Locomotion» und die «Hope». Bei ihnen wendete Stephenson erstmals einen neuen Bauteil an, der seither im Eisenbahnbetrieb beibehalten worden ist: Die beiden Räder auf jeder Seite der Maschine waren durch je eine Kuppelstange miteinander verbunden, wie es Stephenson schon in seinem Patent von 1815 vorgesehen hatte.

Am 27. September 1825 wurde die rund 12 englische Meilen lange Strecke Stockton-Darlington unter riesigem Zulauf von Schaulustigen

feierlich eröffnet. Außer 12 mit Kohlen und Mehl beladenen Güterwagen wurden auf 22 Personenwagen das Festkomitee und so viele Passagiere wie nur möglich – im ganzen 450 Personen – mitgenommen. Stephenson selbst führte in Bratenrock und Zylinder die Lokomotive. Der Zug erreichte streckenweise eine Höchstgeschwindigkeit von 15 Meilen je Stunde.

Julius Konrad v. Yelin, Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, der sich gerade auf einer Studienreise in England befand, hat dieses aufregende Ereignis miterlebt und darüber in einem ausführlichen Brief vom 30. September 1825 an den Generalsekretär der Münchner Akademie, Freiherrn v. Moll, berichtet. Yelin beschließt seine lebendige Schilderung mit folgenden Worten: «Wie in England immer, so wurde auch diese Feyerlichkeit mit einem glänzenden Mahle beschlossen, wobei es an Toasts für die fernere Ausbreitung der Railways und ihrer Dampffuhrwerke natürlich nicht fehlte. Es wird aber auch wahrscheinlich nun daran nicht fehlen, nachdem dieser große Versuch mit Ueberwindung aller nur denkbaren Schwierigkeiten des Terrains auf eine so auffallende und, man kann sagen, so glänzende Weise zu Gunsten der Dampfwagen und Eisenbahnen ausgefallen ist.»

Bei den ersten englischen Bahnlinien wurden gewalzte schmiedeeiserne Schienen mit pilzähnlicher Querschnittform angewendet, wie sie John Berkinshaw seit 1820 auf den Bellington-Eisenwerken in Durham herstellte. Sie wurden später auch bei den Bahnen auf dem europäischen Festland eingeführt.

Eine weitere größere Eisenbahnstrecke, von Manchester nach Liverpool, über 31 englische Meilen, wurde am 15. September 1830 eröffnet. Für die erste Fahrt standen 8 Lokomotiven aus Stephensons Fabrik zur Verfügung. Es fuhren 8 Züge, mit denen ungefähr 600 Personen befördert wurden. Damit war nunmehr endgültig ein neues Zeitalter des Verkehrs angebrochen (s. Farbtafel S. 241).

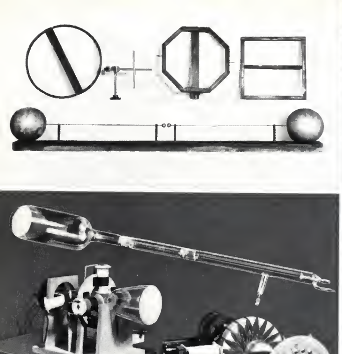
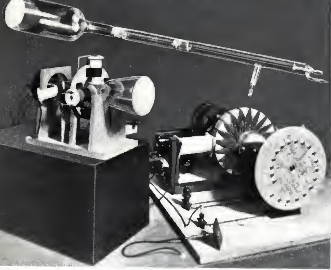
Vorausgegangen war ein «Lokomotiv-Wettrennen», das im Oktober 1829 stattfand. Eine 35 km lange Strecke auf der Bahnlinie Manchester-Liverpool war für diesen Wettbewerb in der Nähe von Rainhill ausersehen. Vier Lokomotiven beteiligten sich: die «Novelty» der Firma Braithwaite und Ericson, die «Sans-Pareil» von Hackworth, die «Perseverance» von Burstall und die berühmte «Rocket» von Stephenson. Die Zulassung einer fünften Maschine, die ebenfalls mitwirken sollte, wurde abgelehnt, weil sie dem Sinn des Preisausschreibens nicht entsprach; sie wurde nämlich von einem im Innern des Gehäuses versteckten Pferde fortbewegt! Vom 6. bis zum 14. Oktober 1829 wurde das Wettrennen ausgetragen, und Stephensons «Rocket» erhielt den Preis von 500 Pfund Sterling. Sie war den anderen Maschinen weit überlegen und erreichte schon am ersten Tag

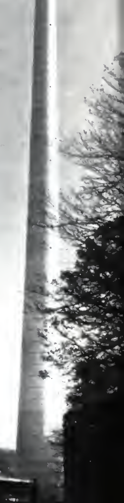
die ungläubiges Staunen erregende Stundengeschwindigkeit von 46 km, an einem der nächsten Tage sogar 56 km. Die konkurrierenden Maschinen erlitten mehr oder weniger ernste Betriebsunfälle. Bei seiner «Rocket» hatte Stephenson die bisherige Bauweise insofern abgeändert, als er einen Röhrenkessel nach dem System von Marc Seguin mit engen Heizrohren und davor einen eisernen Feuerkasten verwendete, der mit Ausnahme des unteren Teils der Vorderwand allseitig von Wasser umgeben war. Dieses Wasserreservoir stand mit dem des Röhrenkessels oben und an den Seiten in Verbindung. Damit hatte Stephenson grundsätzlich jene Bauart des Lokomotivkessels geschaffen, die sich von da an allgemein einführte.

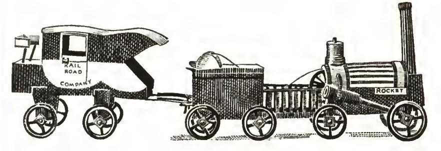
Diese langjährige Entwicklung in England konnte natürlich nicht ohne nachhaltige Wirkung auf den Kontinent bleiben. Der Münchner Oberbergrat Josef von Baader (1764–1835), der sich schon seit langem mit dem Gedanken von «Kunststraßen mit Eisenbahnen» beschäftigt hatte, weilte 1815/16 acht Monate in England, um die dortigen Versuche zu studieren. Er erhielt dort sogar 1816 ein Patent auf eine Verbesserung der Schienenkonstruktion und beklagte sich später bitter, er habe in England tauben Ohren gepredigt und seine damals ganz neuen Vorschläge zum dauerhaften Ausbau von Eisenbahnen, wie er sie in seiner «Fortschaffenden Mechanik» 1822 niedergelegt hatte, sowie sein teures Patent nicht verwerten können. Seine 1816 im Nymphenburger Schloßpark gebaute Miniaturbahn – von Hunden gezogene Wägelchen – waren allerdings nicht mehr als eine Spielerei; 1825 baute er ebenfalls in Nymphenburg eine Modellbahn, bei der ein Pferd die Lastwagen zog. Und bereits 1819 dachte er an eine «eiserne Commerzstraße» zwischen Nürnberg und Fürth. Von einer «lokomobilen Dampfmaschine» wollte er jedoch nichts wissen, und bei dieser Meinung beharrte er starrköpfig. An Baader hat auch der große Nationalökonom Friedrich List (1789–1846) den ersten seiner berühmt gewordenen Briefe aus Reading in Pennsylvanien gerichtet, mit denen er die Verwirklichung seines hohen Zieles einleitete, Eisenbahnen in Europa und besonders in Deutschland einzuführen. Baader hat diese Briefe, ohne Lists Namen zu nennen, 1827 in der (Augsburger) «Allgemeinen Zeitung» veröffentlicht. List, der 1832 nach Europa zurückkehrte, regte 1833 den Bau einer Eisenbahn zwischen Leipzig und Dresden an, und aus dieser

VOM TELEPHON ZUM MAGNETOPHON: Oben der Apparat von Philipp Reis aus dem Jahre 1863 (links Geber, rechts Empfänger), darunter Bells Telephon nach einem Holzstich in «Scientific American» von 1877. Über den «Sprechmaschinen» ein Bild der Pariser Telephonzentrale von 1890. Ganz unten Edisons Phonograph mit Stanniolwalze (1878), Berliners Grammophon (1887), Poulsens Telegraphon (1898) und das AEG-Magnetophon (1939)


NEWARK
NEW YORK
PATERSON



Goethe schenkte diese Spielzeug-Eisenbahn seinem Enkel

Zeit stammt auch sein Plan eines einheitlichen Eisenbahnnetzes Deutschlands, wie es in den folgenden Jahrzehnten zur Ausführung gelangte.

Neben Baader tat sich der kurhessische Oberbergrat Karl Anton Henschel (1780–1861) als Eisenbahnpionier in Deutschland hervor; er erhielt 1817 ein hessisches Patent auf einen Dampfwagen, fand aber keine Gelegenheit zur Ausführung. 1822 machte er Vorschläge für den Bau von Eisenbahnen in Bergwerken und Steinbrüchen. Einige Jahre später, 1833, lernte er Stephenson kennen und besprach mit ihm Eisenbahnpläne, was zur Folge hatte, daß Henschel die vom Vater übernommene Maschinenfabrik in Kassel 1848 in eine Lokomotivfabrik umwandelte. Auch der westfälische Industriepionier Friedrich Wilhelm Harkort (1793–1880) gehört neben Baader und List zu den Wegbereitern der Eisenbahn in Deutschland. Er brach 1825 in der westfälischen Zeitung «Hermann» energisch eine Lanze für die Einführung von Eisenbahnen. Harkort hatte 1818 auf der Burg Wetter an der Ruhr eine Maschinenfabrik gegründet, die die junge, schnell aufblühende Industrie des Bezirks von Elberfeld und Barmen alsbald mit Dampfmaschinen versorgte. 1826 baute Harkort im Garten der Museumsgesellschaft von Elberfeld eine Probebahnstrecke, eine Art Schwebebahn auf einem Gerüst von Baumstämmen, mit der sich freilich keine sonderlichen Erfolge erzielen ließen.

Inzwischen hatte Friedrich Krigar in der Berliner Eisengießerei nach dem Vorbild der Blenkinsopschen Zahnrad-Lokomotive 1815 Deutschlands erste Lokomotive gebaut. Sie wurde 1816 ins Saargebiet gesandt, kam

FUNK UND FERNSEHEN: Mit den Versuchen von Heinrich Hertz begann es. Das Bild oben zeigt einen großen «Oscillator» sowie runde und quadratische «Resonatoren». Darunter die erste Braunsche Röhre von 1898, der erste deutsche Fernsehempfänger mit Braunscher Röhre und Nipkowscheibe sowie ein moderner Senderaum. Rechts der 211 m hohe Stuttgarter Fernsehturm (1955)



Auf einer gußeisernen Neujahrsplakette von 1816 ist die erste deutsche Lokomotive abgebildet. Das Zahnrad zwischen den beiden Treibrädern war angebracht, weil man glaubte, ohne seine Hilfe müßten die glatten Räder auf den Schienen rutschen

aber praktisch ebensowenig in Betrieb wie eine zweite von 1818, die nach Oberschlesien geliefert wurde.

Auch im benachbarten Österreich fand die Eisenbahn bald Interesse. Hier hatte sich 1808 der Landes-Wasserbaudirektor Franz Josef Ritter von Gerstner für die Pferdeeisenbahn eingesetzt; es ging um die Salzversorgung Böhmens aus dem nahen Salzkammergut, wobei es das hohe trennende Gebirge, das den Salzfuhrwerken erhebliche Schwierigkeiten machte, zu überwinden galt. Man dachte an einen Kanal; Gerstner jedoch verfocht die These, daß eine Pferdeeisenbahn billiger, leistungsfähiger und wirtschaftlicher sei. Dieses Projekt nahm allmählich Gestalt an, und Gerstners Sohn Franz Anton, Professor der «praktischen Geometrie», wurde mit der Ausarbeitung beauftragt. Doch noch vor der Vollendung des Werks schied Gerstner 1829 verärgert aus, weil die Geldgeber Schwierigkeiten machten. Matthias Schönerer führte als neuer Bauleiter das Unternehmen zum glücklichen Ende. Nachdem vorher schon Teilstrecken befahren werden konnten, wurde am 1. August 1832 der Betrieb auf der 127 km langen Strecke von Linz bis Budweis mit Güter- und Personenbeförderung aufgenommen; 1836 verlängerte man die Linie bis Gmunden. Später wurde hier der Dampfbetrieb aufgenommen.

Im gleichen Jahr, in dem die Pferdeeisenbahn Linz-Budweis eröffnet wurde, kam die erste Dampfeisenbahn des europäischen Kontinents in Betrieb. Marc Seguin, der Erfinder des Röhrenkessels (1829), hatte sich in Frankreich für die Einführung der Eisenbahn eingesetzt, nachdem er 1825 in Newcastle Stephenson besucht und die Darlington-Bahn besichtigt hatte. 1828 kaufte er zwei Stephenson-Lokomotiven für die Bahnstrecke Lyon-St. Etienne an, die als Modelle für einen Nachbau dienen sollten und auch versuchsweise, aber nicht für den Verkehr, eingesetzt wurden. Mit der

Teilstrecke Lyon-Rive de Gier nahm die erste französische und zugleich kontinental-europäische Dampfbahn ihren Betrieb auf. Die Lokomotiven hatte Seguin gebaut.

Im gleichen Jahr 1832 trat der Nürnberger Bürger Johannes Scharrer energisch für den Baaderschen Plan einer Eisenbahnverbindung zwischen Nürnberg und Fürth ein. Mit den Bürgermeistern beider Städte begründete er ein Komitee, und dieses erließ am 14. Mai 1833 eine Einladung zur Aktienzeichnung über einen Betrag von 132000 Gulden. Die allerhöchste Konzession des bayerischen Königs wurde im Februar 1834 erteilt, und zwar mit einem Privileg auf 30 Jahre. Als leitender Ingenieur für den Bahnbau gewann man im gleichen Jahr den aus Frankreich gebürtigen Paul Denis, der in England den Eisenbahnbau gründlich kennengelernt hatte. Die Spurweite der ersten deutschen Eisenbahnstrecke sollte 4 Fuß $8^1/_2$ Zoll (englisch) betragen; dieses Maß von 1435 mm ist das auch heute noch übliche – es stammt von Stephenson. Die Schienen, für die man Modelle aus England kommen ließ, bestanden aus gewalztem Schmiedeeisen; sie hatten pilzförmigen Querschnitt, eine Höhe von 3 Zoll (8,6 cm) und eine Länge von je 4,37 m. Beim Eisenwerk Remy & Co. in Rasselstein bei Neuwied wurden sie in Auftrag gegeben. Die Lieferung begann im Juli 1835, und am 31. Oktober konnte die erste Versuchsfahrt mit einem Personenwagen unternommen werden, den ein Pferd zog. Am 16. November begannen Probefahrten mit der Lokomotive «Adler», die Stephenson geliefert hatte. Zusammen mit der «Adler» war der als Lokomotivführer verpflichtete William Wilson eingetroffen. Am 7. Dezember 1835 konnte die feierliche Eröffnung der Ludwigsbahn vollzogen werden, bei der Wilson – selbstverständlich in Gehrock und Zylinder – die Lokomotive führte. Wilson war eigentlich nur für ein paar Monate verpflichtet worden, um Deutsche als Lokomotivführer anzulernen. Es gefiel ihm aber offenbar in Nürnberg sehr gut; er blieb hier als Angestellter der Bahn bis zu seinem Tode im Jahre 1862.

Auch für die am 7. April 1839 eröffnete Eisenbahnstrecke Dresden-Leipzig wurde die erste Lokomotive aus England bezogen: der «Komet» von der Firma P. Rothwell & Co. in Bolton. Der Dresdner Professor Johann Andreas Schubert hatte schon vorher die Gründung einer Lokomotivfabrik in Uebigau bei Dresden angeregt und den Plan einer Lokomotive entworfen. So entstand die «Saxonia» (1838), die erste brauchbare deutsche Lokomotive. Sie fuhr, geführt von ihrem Erbauer – dieser in Frack und Zylinder, wie es sich gehörte –, bei der Einweihung der Bahn mit; auf Drängen der englischen Ingenieure durfte sie allerdings nur hinter dem Einweihungszug herfahren, der von der englischen Maschine gezogen wurde. Die «Saxonia» war aber offenbar vorher bereits auf

Teilstrecken eingesetzt worden. Schon am 8. Dezember 1838 hat der Dresdener Theologe Otto Friedrich Wehrhan eine solche Fahrt mitgemacht, von der er eine ergötzliche Schilderung gegeben hat. «Anfangs rollt die Wagenlinie», so schreibt Wehrhan, «langsam dahin, und der qualmende Schornstein-Zylinder der an der Spitze befindlichen Lokomotive stößt schnaubende Töne, gleich einer wilden Bestie, aus. Aber immer schneller und schneller schnaubt er, und immer schneller und schneller laufen zugleich die Wagen dahin. Dabei findet sich auch in allmählicher Steigerung ein gellendes Gehämmer ein, geradeso, als wenn klingende harte Amboßschläge im Takte des Mühlengeklappers wiederholt würden, und welches so stark wird, daß man nur durch lautestes Schreien in die Ohren des Nachbars sich verständlich machen kann. So fliegt man wie in einem mit allen Gängen gehenden Mühlwerke dahin, manchmal, besonders wenn die Neigung der Bahn etwas bergab geht, in solchem Schusse, daß alle Gegenstände am Wege, Menschen, Bäume, Wachthäuschen usw., nicht vorbeiziehen, sondern vorbeischwirren, und daß diejenigen, welche behaupten, man merke von der großen Geschwindigkeit wenig oder nichts, wohl die Qualität der Bewegung mit ihrer Quantität verwechseln. Aber man glaube nicht, daß eine solche Fahrt anfangs eine angenehme Empfindung verursache. Mir wenigstens war, bis ich der Sache gewohnt ward, unheimlich dabei zumute.» Kurz, er hatte das Gefühl, in des Teufels Equipage à la Faust zur Hölle zu fahren. Daher war ihm eine Unterbrechung nicht unlieb, und er nahm bis Oschatz einen pferdebespannten Planwagen; dort konnte er den Anschlußzug nach Leipzig besteigen. Wehrhan hat diese starke Nervenprobe gut überstanden und stellt zum Schluß befriedigt fest, daß früher kein Monarch der Erde so schnell und zugleich «so glatt» gefahren sei.

Die Erwartungen, die man an die Erfindung der Eisenbahn knüpfte, bezeichnet eine Bemerkung von Emil Ferdinand Vogel (1843): «Und eben hierin (in der Verbilligung des Eisenbahnbaues) liegt die beste Garantie dafür, daß sich die Eisenbahn-Unternehmungen immer allgemeiner über Mitteleuropa werden verbreiten können; was nicht nur für Handel und Verkehr von größter Wichtigkeit ist, sondern auch deshalb große Aufmerksamkeit verdient, weil die sociale Verbindung der Völker, welche die natürliche Folge eines großen Eisenbahn-Netzes ist, am meisten dazu beitragen wird, den *Weltfrieden* in Europa zu erhalten, und die nationale Eifersucht zwischen den einzelnen Völkern immer mehr auszugleichen. Aus diesem Grunde machen die Eisenbahnen sogar ein großes *moralisches* Gewicht geltend; sie dienen also nicht allein den materiellen Interessen, sondern legen auch inhaltsschwere geistige Momente in die Cultur-Waagschale der Völker.»

Die ersten Eisenbahnen mit Dampfbetrieb auf dem Kontinent

1832	Lyon–Rive de Gier
1835	Brüssel–Mecheln (erste Staatsbahn)
	Nürnberg–Fürth
1837	Paris–St. Germain
1838	Düsseldorf–Erkrath
	Braunschweig–Wolfenbüttel (erste deutsche Staatsbahn)
	St. Petersburg–Zarskoje Selo
1839	Wien–Brünn (auf Teilstrecken 1838)
	Leipzig–Dresden (Teilstrecken 1837 und 1838)
	Amsterdam–Harlem
	Neapel–Portici
1840	München–Augsburg (Teilstrecke 1839)
	Magdeburg–Halle (Teilstrecke 1839)
	Frankfurt–Wiesbaden (Taunusbahn)
	Mannheim–Heidelberg (Teilstrecke 1839)
1841	Berlin–Anhalt
	Düsseldorf–Elberfeld
1842	Berlin–Stettin

Ähnliche Erwartungen spiegeln sich in einem Gedicht von Jacob Scherr aus der gleichen Zeit:

Ja, alle Ketten, Fesseln, Wehr und Waffen
Aus roher, harter Zeit,
Sie werden einst in Schienen umgeschaffen,
Zum Preise der Menschlichkeit.

Mit Schienen, Freunde, webet ohne Bangen
ein Netz von Pol zu Pol.
Sieht sich Europa einst darin gefangen,
Dann wird es ihm erst wohl.

Nun – wir sind heute sehr viel skeptischer, wenn wir nur daran denken, wie bald man schon «strategische Eisenbahnlinien» angelegt hat.

In ihrer Frühzeit ist die Dampfeisenbahn auch von den Dichtern besungen worden, so von Adalbert Chamisso in seinem Gedicht «Das Dampfroß». Allerdings ist der künstlerische Wert der frühen Eisenbahnpoesie oft fragwürdig. Ein Büchlein, der «Labe-Becher für Fahrlustige», das Joh. Chr. Schneemann zum Verfasser hat, 1842 in Meißen erschienen ist und eine Art Eisenbahnlektüre darstellt, enthält ein Trinklied auf das Wohl der Lokomotive und ihres Erfinders, das mehr schwungvoll als schön ist:

Buvons en donc à la santé de l'auteur
Des locomotives et des carosses à vapeur.
Célébrons
Sa Mémoire
Et tout à l'heure
Celle du vapeur.



«Wie Manns Fritze, derHundejunge,den Dampf übertrifft.» Karikatur auf die Eisenbahn aus dem «Labe-Becher für Fahrlustige» (1842)

Ein so gut wie unbekannt gebliebenes Gedicht «Die Begehrenden» veröffentlichte 1838 Stephan Schütze in dem von ihm herausgegebenen «Taschenbuch der Liebe und Freundschaft gewidmet». Hier einige Strophen, die kennzeichnend sind für die Eisenbahnbegeisterung jener Tage, aber auch für erste Zweifel am «Fortschritt»:

Abwerfen will der Mensch das Joch,
Zu langsam reifen ihm die Saaten,
Zu fern ist jede Nähe noch;
Eilwagen wurden angerathen –
Auf rauhem Weg ein matter Flug;
Daß auch die Bahn geebnet werde,
Rief man das Eisen aus der Erde;
Nun aber, dächt' ich, wär's genug.

Nein! Flügel haben Wolk' und Wind,
Und sind nicht Flügel Göttergaben?
Wer fliegt, nur der erst lebt geschwind;
Doch – Wind ist immer nicht zu haben.
So fangt die Luft und sperrt sie ein,
Laßt pressen, ängst'gen sie und plagen;
Die eng sich dehnt im Feuerwagen,
Muß ihre Schwungkraft uns verleih'n.

Gleich Donnerwolken rauscht es hin,
Es scheint ein schnaubend Ungeheuer,
Es stöhnt und grollt mit tück'schem Sinn,
Im ehr'nen Schlund ein Höllenfeuer.
Das freie, edle Pferd erschrickt,
Das, einst der Reisenden Genosse,
Am Wagen jetzt statt kühner Rosse
Dampf hauchend ein Gespenst erblickt.

So geht's zu Land, durch Luft und Meer,
Die Rud'rer können ruhig bleiben,
Auch nicht des Segels braucht es mehr,

Dampf muß, wie Rad, so Ruder treiben.
Und nun wohin? Kein Hinderniß!
Zum Glücke tragen diese Schwingen,
Und nur, wer schnell ist, kann's erringen,
Fern weilt es – ist das auch gewiß?

Goethe hat im hohen Alter noch die Anfänge der Eisenbahn anteilnehmend erlebt, wenn auch nur aus der Ferne. Am 23. Oktober 1828 hat er sich weitblickend darüber zu Eckermann geäußert, der an diesem Tage notierte: «Wir sprachen sodann über die Einheit Deutschlands und in welchem Sinne sie möglich und wünschenswerth. ‚Mir ist nicht bange', sagte Goethe, ‚daß Deutschland wird eins werden; unsere guten Chausseen und künftigen Eisenbahnen werden schon das Ihrige thun'.» Und im Jahr darauf schenkte Goethe seinen Enkelkindern eine Spielzeugeisenbahn, die ihm englische Freunde nach Weimar geschickt hatten (Abb. S. 207).

Die Entwicklung des Eisenbahnwesens blieb nicht lange auf Europa beschränkt. Im aufstrebenden Amerika zeigte man sogleich lebhaftestes Interesse für die englischen Eisenbahnen, denn die Verkehrswege waren in einem noch schlechteren Zustand als in Europa: Erst 1783 verkehrte die erste Postkutsche zwischen New York und Boston, die für diese Reise anno 1799 noch volle 10 Tage brauchte! Es ist daher verständlich, daß sich in den Vereinigten Staaten gleich eine ganze Reihe von Männern fand, die man als Eisenbahnpioniere bezeichnen darf, und daß die Entwicklung hier schneller vorangetrieben wurde als im alten Europa.

Der erste Schienenweg für Pferdebetrieb wurde im Jahre 1827 mit 4,5 km Länge zwischen Boston und einem Steinbruch in Quincy für den Transport von Granitblöcken gebaut. Großes Aufsehen erregte Oliver Evans bereits 1804 in Philadelphia, als er in den Straßen der Stadt, von johlenden Jugendlichen umschwärmt, mit einem dampfgetriebenen Bootwagen – «Orukter Amphibolis» hieß das Amphibienfahrzeug – umherfuhr. Dieses Kuriosum ist schnell wieder in Vergessenheit geraten. Evans hatte 1787 in England Dampfwagenversuche gesehen, die ihn nachhaltig beeindruckten. 1823 wurde ihm der Bau eines Schienenweges von Columbia nach Philadelphia bewilligt, wegen Geldmangels konnte er jedoch erst 1828 eine Teilstrecke bauen, auf der 1834 die zweite Pferdebahn Amerikas lief. Die erste Dampflokomotive, den «Stourbridge Lion», brachte Horatio Allen von England nach Amerika; sie begann 1829 ihre Versuchsfahrten auf der «Delaware and Hudson Canal Company's Railroad». Mit dem Bau der ersten Dampfeisenbahn, der Baltimore- and Ohio-Bahn, wurde 1827 begonnen; 1830 wurde eine Teilstrecke eröffnet. Dazu lieferte Stephensons Fabrik 1828 die Lokomotive «America», die der «Rocket» ähnelte. Die «America» machte im folgenden Jahre ihre Probefahrten,

erwies sich aber für den schwachen Unterbau der amerikanischen Geleise als nicht recht geeignet.

Sehr bald schon baute man in den Vereinigten Staaten die europäischen Lokomotiven nach: Die erste in Amerika von dem Kaufmann E. L. Miller und dem Maschinenbauer C. E. Detmold entworfene und vom West Point-Eisenwerk in Charleston gebaute Lokomotive «Best Friend of Charleston» lief bereits von 1831 an regelmäßig auf der South Carolina-Bahn. Ohne angehängte Waggons legte sie 30 bis 35 Meilen in der Stunde zurück; mit 45 bis 50 Personen in 5 bis 6 Waggons schaffte sie immerhin 21 Meilen, das sind fast 34 Kilometer in der Stunde. Für die Baltimore- and Ohio-Bahn baute Peter Cooper in New York 1830 eine kleine, aber leistungsfähige Lokomotive, den «Tom Thumb», und im gleichen Jahre Phineas Davis die «Atlantic», die über 60 Jahre im Dienst blieb. Auch Colonel John Stevens verdient den Titel eines amerikanischen Eisenbahnpioniers. Bereits 1812 hatte er eine Denkschrift verfaßt, in der er sich für den Eisenbahnbau einsetzte. Es ist sein Verdienst, wenn 1826 das Privileg für die Mohawk- und Hudson-Bahn erteilt wurde. Robert L. Stevens, der Sohn des Colonels, brachte 1831 aus England die Kenntnis der Schienen mit T-förmigem Querschnitt mit und kaufte dort auch den «John Bull», der sich in Amerika bewährte. Diese Lokomotive wurde von Matthias W. Baldwin nachgebaut, der 1832 in Philadelphia die erste amerikanische Lokomotivfabrik gründete. Seine «Old Ironsides» war die dritte in Amerika gebaute Lokomotive. Sie war für die «Philadelphia-Germantown and Norristown Railroad» bestimmt. Weitere Eisenbahn- und Lokomotivbauten folgten schnell. Das amerikanische Eisenbahnnetz betrug 1829 (mit Pferdebetrieb) bereits 4534 km, 1850 (mit Dampfbetrieb) 13819 km.

Auf dem europäischen Kontinent baute als erster der Großindustrielle John Cockerill (1790–1840) auf Schloß Seraing bei Lüttich Lokomotiven; er goß auch Eisenbahnschienen. Beides lieferte er für die erste kontinentaleuropäische Vollbahn von Brüssel nach Mecheln (1835). Die zweite deutsche Lokomotive – die erste war die «Saxonia» gewesen – baute 1841 Emil Heinrich Keßler in Karlsruhe. Im gleichen Jahre gründeten August Borsig in Berlin und Josef Anton v. Maffei in München ihre Lokomotivfabriken.

Johann Friedrich August Borsig war ein gelernter Zimmermann, der seine Liebe für die Dampfmaschine entdeckt hatte und deshalb das von Beuth im Jahre 1821 gegründete Königliche Gewerbeinstitut in Berlin – die spätere Technische Hochschule – besuchte. Nachdem er in der Eisengießerei von Woderb und Egells schnell zum Betriebsleiter aufgestiegen war, gründete er 1836 eine eigene kleine Fabrik. Mit Gußteilen aller Art



Ein Zug der South-Carolina-Bahn mit der ersten in den USA gebauten Lokomotive (1831)

begann er, 1841 lieferte er bereits die Dampfmaschine für die Wasserkünste von Schloß Sanssouci; und dann wagte er sich an die erste Lokomotive. Dabei nahm er die Lokomotive von William Norris in Philadelphia, der neben Matthias W. Baldwin der hervorragendste amerikanische Lokomotivbauer war, zum Muster. 1841 war seine erste Lokomotive für die Berlin-Anhalter-Bahn fertig. Kurz nach Vollendung seiner 500. Lokomotive, 1854, starb Borsig, erst 50 Jahre alt. An den Produktionsziffern seiner Fabrik kann man den steigenden Bedarf ablesen: 1858 verließ die Maschine Nr. 1000 die Borsigfabrik. Dieses Ereignis wurde mit einem großen Festzug durch die Chausseestraße vor dem Oranienburger Tor in Berlin gefeiert, bei dem mindestens 50000 Berliner zugegen gewesen sein sollen. Im Jahre 1922 wurde die 11000. Lokomotive geliefert.

Nachdem die Pioniere des Eisenbahn- und Lokomotivbaues die Grundlagen geschaffen hatten, setzte in Europa wie in Amerika eine geradezu stürmische Weiterentwicklung ein. Die Maschinen wurden immer größer und leistungsfähiger. Die 1847 gebaute Schnellzuglokomotive der London and North Western Railway hatte bereits riesige Triebräder, entsprach aber sonst in ihrer Gestaltung ungefähr dem später allgemein gebräuchlichen Lokomotivtyp. Ein besonders bemerkenswerter Fortschritt war das Drehgestell unter der Lokomotive, das ein sicheres Fahren in stark gekrümmten Kurven ermöglicht. Henry R. Campbell nahm 1836 ein amerikanisches Patent auf ein solches Drehgestell; die Erfindung wird allerdings auch dem Chefingenieur der Firma «Mohawk and Hudson» in New York, John B. Jervis (1831), zugesprochen. Im Jahre 1846 erhielt Thomas Craddock ein englisches Patent auf die Verbundlokomotive, bei der auf beiden Seiten zwei dicht übereinanderliegende Zylinder von verschiedenem Durchmesser die Treibachse am gleichen Zapfen treiben. Zwei Jahre später baute die Great-Western-Bahn zwei normale Lokomotiven nach den Vorschlägen von Nicholson auf Verbundwirkung um. Aber erst dem Schweizer Ingenieur Anatole Mallet gelang es, im Jahre 1876 die erste

brauchbare Verbundlokomotive zu bauen. Allmählich führte sich diese Art der Konstruktion allgemein ein.

Einen weiteren gewaltigen Fortschritt brachte dann die Heißdampflokomotive. Die eigentliche Erfindung der Heißdampfmaschine wird dem Elsässer Adolf Hirn zugeschrieben (1857), aber französische und englische Ingenieure hatten auf Überhitzkonstruktionen schon kurz zuvor Patente erhalten (Quillacq und Moncheuil 1849/50, Johnson 1855). Erst Wilhelm Schmidt jedoch konnte auf diesem Gebiet wirkliche Erfolge aufweisen. Die Firma Beck & Henkel baute 1892 die erste einfach wirkende Heißdampfmaschine nach Schmidt, und die erste Schmidtsche Heißdampf-Tandem-Verbundmaschine wurde zwei Jahre später ebenfalls von dieser Firma hergestellt. Diese Erfindung ermöglichte es, die Zugkraft der Lokomotive um rund 50 Prozent zu steigern, ohne daß ihr Gewicht vergrößert werden mußte. 1898 wurde die erste Schmidtsche Heißdampflokomotive mit Flammrohrüberhitzer in Stettin in Betrieb genommen.

Neben der Entwicklung der Lokomotiven ging die der Eisenbahnwaggons einher. Zunächst freilich setzte man überall einfach Postkutschen, die mit Spurkranzrädern versehen waren, auf die Schienen oder begnügte sich mit offenen Wagen. Hölzerne Kastenwagen auf zweiachsigen Untergestellen und mit Abteilen liefen zuerst in England, dann auch in Deutschland. Von Anfang an waren sie bereits in Klassen eingeteilt. Die 1. Klasse bot meist 4 bis 6 gut gepolsterte Sitze quer zur Wagenlängsrichtung, die 2. Klasse hatte einfachere Polsterung, die 3. Klasse schlichte Holzbänke. Im grundsätzlichen Aufbau boten diese Waggons bald alle Merkmale der späteren Bauart. Heizung kannte man anfangs überhaupt nicht. Die badischen Eisenbahnen waren wohl die ersten, die ihre Wagen 1. und 2. Klasse mit eisernen Kohlenfüllöfen heizten, wie es auch in Amerika geschah. Mit der Beleuchtung sah es ebenfalls sehr kümmerlich aus: 1837 entschloß man sich anscheinend erstmals, wenigstens die «besseren» Klassen mit Kerzen und Öllampen zu beleuchten, die in die Abteilwände eingebaut waren und für mehrere Abteile ausreichen mußten. Für die preußischen Bahnen wurde 1844 die Wagenbeleuchtung durch königlichen Befehl angeordnet. Im Waggonbau brachte die Zeit um 1860 mit der Verwendung eiserner Walzprofile für die Untergestelle einen wesentlichen Fortschritt, der Wagenkasten wurde aber nach wie vor aus Holz ausgeführt. Zu dieser Zeit wurden die Waggons endlich auch mit Aborten ausgestattet.

In den Vereinigten Staaten lagen die Städte weiter voneinander entfernt als in Europa, und die noch langsamen Züge brauchten ihre Zeit. So kam man schon 1836 auf den Gedanken, Schlafwagen laufen zu lassen. Es waren dies gewöhnliche Postkutschwagen, in 4 Abteile geteilt und mit

Schlafkojen ausgestattet. Das Gepolter und der mangelhafte Komfort ließen die Reisenden freilich kaum in den Genuß eines ruhigen Schlafens kommen. George Mortimer Pullman (1831–1897) lernte dieses Schlafwagenelend in den 50er Jahren am eigenen Leibe kennen und sann auf Abhilfe. Was ihm dabei einfiel, verwirklichte er 1859: Er baute den luxuriösesten Waggon der damaligen Zeit. 1864, nach dem Bürgerkrieg, vervollkommnete er seine Wagen, und 1867 gründete er, von Andrew Carnegie unterstützt, die «Pullman's Palace Car Company», die alsbald ihr Arbeitsgebiet auch auf Europa ausdehnte. Die Pullmanwagen dieser Zeit hatten auch schon Restaurantbetrieb.

Nach dem Vorbild Amerikas trafen um 1870 verschiedene europäische Eisenbahnverwaltungen Einrichtungen, die es gestatteten, die Abteile der 1. und 2. Klasse nachts in Schlafabteile zu verwandeln. Der erste richtige Schlafwagen lief erst 1872 auf der Strecke Paris–Straßburg–Wien; dafür sorgte jetzt die Internationale Schlafwagen-Gesellschaft. 1881 wurde auf der Berlin-Anhalter-Bahn der erste Speisewagen eingesetzt, auch er nach dem Vorbild Pullmans. Mit besseren Heizeinrichtungen dauerte es länger. Noch 1869 war bei drei deutschen Eisenbahnverwaltungen überhaupt keine Heizung eingeführt, und in der Mehrzahl der Wagen heizte man mit Fußwärmern! Erst in den 70er Jahren wurden alle Personenwagen mit Heizung versehen, und zwar ging man jetzt zur Hochdruckheizung mit Frischdampf von der Lokomotive über. Auf der bayerischen Staatsbahn machte 1869 ein zentralgeheizter Personenwagen seine erste Probefahrt; die Konstruktion stammte von der Augsburger Maschinen- und Röhrenfabrik Johann Haag.

Im Jahre 1871 wurde die Ölgasbeleuchtung nach dem System der Berliner Firma Julius Pintsch eingeführt, und zwar zuerst bei der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn. Pintschs Wagenbeleuchtung arbeitete mit komprimiertem Gas: Jeder Waggon hatte seinen eigenen, auf 8½ Atmosphären Druck geprüften Gasbehälter von 48 bis 84 Kubikmeter Inhalt. Ein besonders konstruierter Regulator verteilte das Gas gleichmäßig. Später wurde dieses System durch das Gasglühlicht und schließlich durch die elektrische Beleuchtung abgelöst.

Die Frage, ob Abteil- oder Durchgangswagen vorzuziehen seien, stand schon frühzeitig zur Erörterung. Im Jahre 1863 empfahl Edmund Heusinger einen zweiachsigen Wagen mit zwei Seitengängen und trat 1870 mit dem Entwurf eines D-Wagens, der Seitengang, Abort und geschlossene Endbühnen hatte, hervor. 1874 wurde der erste Waggon dieser Art gebaut. Der erste deutsche D-Zug fuhr am 1. Mai 1892 auf der Strecke Berlin-Köln; dabei verwendete man die Anordnung nach Heusinger unter Hinzufügung von Faltenbälgen für die Übergänge.

Die Bremsvorrichtungen der Eisenbahnen hatten schon zu Beginn der 40er Jahre fast die heutige Gestalt: eine zweiklotzige Bremse für jedes Rad; betätigt wurde sie zunächst als Handbremse mit Bremsspindel, Kniehebel und Gestänge. Die erste im heutigen Sinne selbsttätige Bremse schuf Newall im Jahre 1853, und Jakob Heberlein entwarf zwei Jahre später eine durchgehende Bremse, bei der man den Schwung – die Bewegungsenergie – des Zuges zum Bremsen ausnutzte. In verbesserter Form wurde sie bis in die 90er Jahre verwendet. Eine Neuerung bedeutete die von Peter Kendall erfundene Luftdruckbremse (1866), die seit 1867 durch George Westinghouse wesentlich verbessert wurde. Er setzte eine mit Dampf betriebene schwungradlose Luftpumpe auf die Lokomotive; 1871 baute er sie zu einer selbsttätigen um. Andere verbesserte Konstruktionen folgten; sie fußten aber sämtlich auf dem Prinzip der Westinghouse-Bremse.

Besondere Konstruktionen erforderten solche Bahnen, die starke Steigungen zu überwinden hatten. Der Amerikaner Silvester Marsh baute in New Hampshire von 1866 bis 1869 die erste Zahnradbahn auf den 1994 m hohen Mount Washington; diese Bergbahn hatte 37 Prozent Steigung. Die schmiedeeiserne Zahnstange lag damals bereits in der Mitte zwischen den Laufschienen. Schon im Jahre 1863 hatte der Ingenieur Nikolaus Riggenbach – derselbe, der 1847 den ersten schweizerischen Eisenbahnzug von Schlieren nach Zürich geführt hatte – ein Patent auf den Zahnradbetrieb von Bergbahnen genommen, doch fand er für diesen Gedanken lange keine Gegenliebe: Man bezeichnete ihn, wie auch schon Marsh, als Narren. Erst der schweizerische Generalkonsul in Washington, John Hitz, der von der Marsh-Bahn wußte, war sofort interessiert, als er bei einem Besuch in der Schweiz 1867 Riggenbachs Modell einer Zahnradbahn in Olten sah, und rief begeistert aus: «Well, Mister Riggenbach, Sie bauen eine Eisenbahn auf die Rigi!» Im Jahre 1870 war die 7,2 km lange Strecke fertig, sie wurde am 21. Mai 1871, dem vierundfünfzigsten Geburtstag Nikolaus Riggenbachs, dem Verkehr übergeben; das Schlußglied bis Rigi-Kulm (2 km) wurde 1875 eröffnet. Damit war die erste Zahnradbahn in Europa geschaffen. Marsh hat übrigens später Riggenbachs Priorität vorbehaltlos anerkannt.

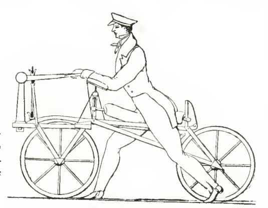
Vor besondere Aufgaben sahen sich die Eisenbahningenieure gestellt, wenn es galt, Geländehindernisse zu überwinden, die, wie etwa eine Gebirgskette, nicht zu umgehen waren. Die beiden ersten kleinen Eisenbahntunnel baute schon Stephenson 1828 auf der Strecke Liverpool-Manchester; am 1. Mai 1829 fuhr der erste Zug hindurch. In Deutschland entstand der erste Eisenbahntunnel auf der Leipzig-Dresdener Eisenbahn 1837–1839 bei Oberau; Freiberger Bergleute haben den 512 m langen Tunnel gebaut.

Da er durch schwierige Gebirgsschichten führte, mußte er ausgemauert werden. In den Vereinigten Staaten von Amerika begann man den ersten Tunnel 1851 auf der Troy and Greenfield-Bahn; er führte auf 4,7 Meilen durch den Hoosacberg und wurde erst 1875 fertiggestellt. Lange vor seiner Vollendung jedoch wurde er von dem 12,2 km langen Mont-Cenis-Tunnel weit übertroffen, der in den Jahren 1857 bis 1870 unter Leitung der Ingenieure Sommeiller, Grattoni und Grandis gebaut und 1871 dem Verkehr übergeben wurde. Die Eröffnung des 15 km langen St.-Gotthard-Tunnels fand 1882 statt. Bei solchen Tunnelbohrungen erwies sich die von dem Schweizer Ingenieur Alfred Brandt um 1876 konstruierte hydraulische Drehbohrmaschine als ein entscheidend wichtiges Hilfsmittel, so beim St.-Gotthard-Tunnel und bei dem 1884 eröffneten Arlbergtunnel. In diesen Jahren entwarf Brandt auch den Bauplan für den Simplontunnel, der freilich erst 20 Jahre später in Angriff genommen wurde.

Ähnlich wie sich die Errichtung von Eisenbahnstrecken auf den Tunnelbau auswirkte, so übte die neue Ära der Eisenbahnen auch auf die Technik des Brückenbaues einen umwälzenden Einfluß aus. Schmiedeeisen und Stahl wurden nunmehr herrschend. Seit der ersten gußeisernen Bogenbrücke über den Severn bei Coalbrookdale (1773) hatte man Gußeisen in zunehmendem Maße beim Brückenbau verwendet; die erste größere gußeiserne Brücke des europäischen Festlandes wurde 1794/96 bei Schweidnitz in Schlesien gebaut. 1860 errichtete der Ingenieur H. Sternberg bei Koblenz die erste große Eisenbahnbrücke mit einer Spannweite von 100 m über den Rhein. Als ein Wunderwerk der Brückenbautechnik darf auch heute noch die zweigleisige Eisenbahnbrücke aus Stahl über den Firth of Forth bei Edinburgh gelten, das Werk der Ingenieure Sir John Fowler und Benjamin Baker. Sie wurde 1882–1889 von der Firma Tancred, Arrol & Co. erbaut und hat eine Gesamtlänge von 2456 m mit zwei Hauptspannungen von je 521,2 m Spannweite und 45,7 m größter Höhe, mit einem Pfeiler in der Mitte.

Laufmaschine und Fahrrad

Am 1. August 1818 meldete die «Karlsruher Zeitung», der badische Forstmeister Karl Friedrich Freiherr Drais von Sauerbronn habe im Juli vergangenen Jahres die Strecke von Mannheim bis zum Schwetzinger Relaishaus und zurück – wofür eine Postkutsche ihre vier Stunden brauche – «in einer kleinen Stunde» zurückgelegt. Man kannte den sonderbaren Forstmeister und seine nicht minder sonderbare «Laufmaschine» in Karlsruhe gut, bewegte er sich doch jahrelang mit diesem nie zuvor gesehenen



Die «Laufmaschine» des Forstmeisters Karl Friedrich Freiherrn Drais von Sauerbronn ist der Ahnherr des Fahrrads

zweirädrigen Gefährt durch die Straßen der badischen Hauptstadt – zum Gespött seiner Mitbürger und zum Vergnügen der Karikaturisten, die den Forstmeister immer wieder aufs Korn nahmen. Die «Laufmaschine» des Freiherrn Drais von Sauerbronn bestand aus einem Holzgestell mit zwei Rädern und gepolstertem Sattel. Das hintere Rad saß in einem festen Rahmen, während sich das Vorderrad nebst Lenkstange in seinem Rahmen drehen ließ. Das Ganze wurde mit den Fußspitzen vorwärtsgestoßen. 1818 erhielt Drais auf seine Laufmaschine ein badisches Patent, und noch im gleichen Jahr wurde dieser Vorläufer des Fahrrads sozusagen inoffiziell als Verkehrsmittel anerkannt: Auf sächsischen Wegtafeln erscheint Drais' Erfindung unter den «Fuhrwerken». Ebenfalls 1818 nahmen Dineur in Paris und Denis Johnson in London je ein Patent auf das Draissche «vélocipède». Drais hielt hartnäckig an der ursprünglichen, primitiven Form seines Laufrades fest und wollte von technischen Verbesserungen nichts wissen. Aber andere dachten daran: Gottlieb Mylius in Themar brachte 1844 Tretkurbeln am Vorderrad an, benutzte sein selbstgefertigtes Holzrad jedoch nur für private Zwecke, ebenso wie unabhängig von ihm der Mechaniker Philipp Moritz Fischer aus Oberndorf im Jahre 1853. Die entscheidende Verbesserung, die aus dem Fahrrad erst wirklich ein Verkehrsmittel machte, wenn es sich auch erst später durchsetzen sollte, ist dem Franzosen Ernest Michaux zu verdanken, der seit 1855 daran arbeitete und 1867 auf der Pariser Weltausstellung hölzerne Räder mit eisernen Radreifen und Tretkurbeln am Vorderrad zeigte. Er erhielt darauf im folgenden Jahre ein französisches Patent und gründete in Paris die erste Fabrik für «Vélocipèdes». Der Krieg 1870/71 zerstörte jedoch seine geschäftlichen Möglichkeiten; 1883 ist Michaux zu Paris im Armenhaus gestorben. Seine Vaterstadt Bar le Duc ehrte ihn 1894 mit einem Denkmal.

Aber diese frühen «Velocipeds» waren reichlich unbeholfen und mühselig zu bewegende Gefährte. Es bedurfte grundlegend neuer Konstruktionsideen und -teile, um aus dem Tretkurbelrad, das Michaux gebaut hatte, das Fahrrad von heute entstehen zu lassen. Als ein Irrweg erwies sich das bei historischen Festzügen heute mit Recht belachte Hochrad von Michaux, das folgerichtig (um 1880) aus dem Vorderradantrieb entstand: Wollte man mit einer Kurbelumdrehung einen möglichst großen Weg erzielen, dann mußte man es eben auch möglichst groß machen.

Sehr wichtig für das Fahrrad wurde das Kugellager. 1862 nahm Albert Louis Thirion in England das erste Patent auf ein Kugellager, das unter anderem auch für «velocipedes» bestimmt war, und der erste, der ein Kugellager mit Stahlkugeln beim Fahrrad verwendete, war J. Suriray in Paris, der 1869 darauf ein französisches Patent erhielt. In Deutschland ist der Begriff des Kugellagers mit dem Namen Fischer gekoppelt: Der Sohn Friedrich jenes Mechanikers Philipp Moritz Fischer, der sich anno 1853 ein Tretkurbelrad gebastelt hatte, ließ sich als Nähmaschinen- und Fahrradhändler in Schweinfurt nieder und richtete eine kleine Kugellagerfabrik ein, die 1886 die ersten hundert Lager lieferte und den Grundstock der später berühmt gewordenen Schweinfurter Kugellagerindustrie bildete.

Der Stuttgarter Turnlehrer Johann Friedrich Trefz baute 1869 das erste Fahrrad mit Hinterradantrieb, aber mit zwei Schubstangen. Die Übertragung des Antriebs mittels Zahnrad und Gelenkkette wurde angeblich schon 1868 von der Firma Meyer & Co. in Paris nach Angaben des Uhrmachers André Guilmet ausgeführt. Aber erst durch H. J. Lawson, der auf die gleiche Art des Antriebs 1879 ein englisches Patent nahm, ging diese



Zweirad, Dreirad, Hochrad – ein Bild aus der für das «Velociped» begeisterten Zeit um 1885

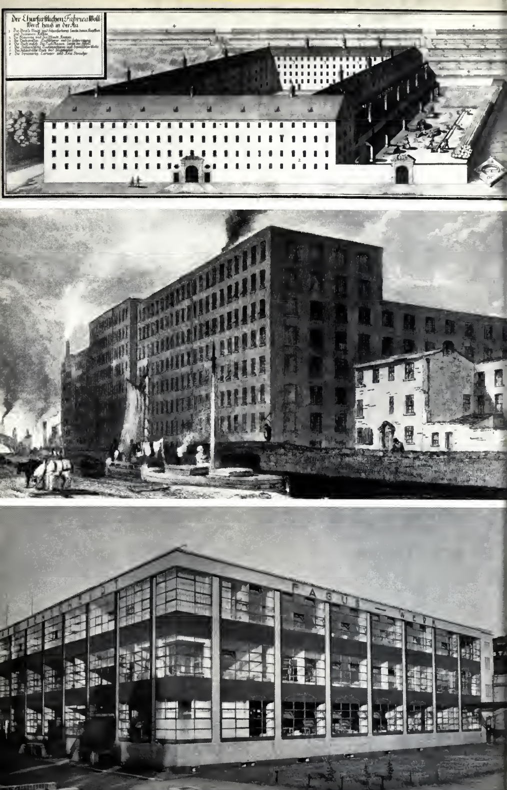
Konstruktion in den allgemeinen Fahrradbau über, wobei die Form des Niederrades der von Michaux eingeführten entsprach. Die Gelenkkette, von dem Medailleur André Galle in Paris 1832 wiedererfunden, war an sich schon in der Antike bekannt und ist auch schon mehr als 300 Jahre früher in Leonardos Skizzenbüchern zu finden.

Es ist kein Zufall, daß gerade die Engländer so viel für das Fahrrad getan haben; seit eh und je sportbegeistert, hatten sie bald erfaßt, daß das «bicycle» sich großartig als Sportgerät eigne, und so verdankt das Fahrrad «seinen ungeheuern Aufschwung vornehmlich den Engländern, welche das Holz durch Stahl ersetzten, den Trittmechanismus ungemein verbesserten, den pneumatischen Reifen erfanden und es schließlich dazu brachten, daß ein Zweirad nur noch 10 bis 15 kg wiegt», wie uns ein Lexikon von 1897 belehrt. Das Drahtspeichenrad erfand W. A. Cowper im Jahre 1870 – die schweren Holzräder kamen dadurch in Fortfall. Schon vorher, nämlich 1845, hatte Robert William Thomson das erste Patent auf einen Luftreifen mit ledernem Laufmantel und innerem Gummischlauch, Füllventil und Luftpumpe erhalten, freilich für Wagenräder. Aber erst die Luftreifen, die der schottische Tierarzt John Boyd Dunlop 1888 erfand, verhalfen dem Fahrrad zu seinem Siegeszug. Die erste brauchbare Freilaufnabe schließlich erfand Ernst Sachs 1898 in Schweinfurt; die Firma Fichtel & Sachs nahm 1900 das Patent auf diese «Torpedo-Freilaufnabe».

Eines Mannes sei jedoch abschließend gedacht, der als «Vorläufer des Vorläufers» Drais gelten kann: Am 25. März 1784 brachten die «Berlinischen Nachrichten von Staats- und gelehrten Sachen» eine Notiz des Inhalts, in Gräz habe Ignaz Trexler «einen zweiten Wagen ohne Pferde» gebaut, dessen Räder der Fahrende mit den Füßen trete; Trexlers Fahrzeug habe, so steht es jedenfalls zu lesen, die Geschwindigkeit eines trabenden Pferdes erreicht.

FLIEGEN – VON LEONARDO BIS ZUM DÜSENKLIPPER: Leonardo da Vinci hat viele Jahre darum gerungen, den Menschenflug Wirklichkeit werden zu lassen; als Gleitflug (links oben: Skizze der Tragfläche eines Segelflugzeugs) oder als aktiven Flug (rechts oben: Skizze einer Muskelkraft-Flugmaschine). Wirklichkeit wurde das Fliegen «schwerer als die Luft» erst durch Lilienthals Gleitflüge (Mitte links) und die Motorflüge der Brüder Wright (Mitte rechts). Darunter der «Blechesel», das erste Ganzmetallflugzeug Ju 1 von 1915. Heute überqueren die Düsenklipper (ganz unten) alle Kontinente und Meere


PAN AMERICAN


Der Churfürstlichen Fabrica Woll
Werck hauß in der Au
FAGUS — WERK

Auf die Frage: «Wer hat das Dampfschiff erfunden?» wird man wohl meist die Antwort: «Robert Fulton» zu hören bekommen. Aber diese Antwort ist zum mindesten irreführend, einfach deshalb, weil es sich bei der Erfindung des Dampfschiffs wie bei so vielen anderen Erfindungen nicht um die geniale Idee eines einzelnen schöpferischen Geistes und ihre sofortige Verwirklichung handelt. Man hat es hier wie auch sonst so häufig mit einer langen Entwicklungsreihe zu tun: eine ganze Anzahl erfinderischer Köpfe hat an dem Problem geschaffen, bis schließlich die endgültige Lösung gefunden wurde, die nun freilich meist wiederum keine wirklich endgültige ist, denn auf allen Gebieten, selbst auf den scheinbar abgeschlossenen, schreitet die technische Entwicklung ständig fort. Von der erfinderischen Idee jedenfalls bis zu ihrer konstruktiven Durchbildung ist es meist ein weiter Weg – die Dampfmaschine, das Fahrrad, das Telephon, die elektrische Glühbirne bieten charakteristische Beispiele für diese Feststellung. Dem Technikhistoriker bleibt die Aufgabe, die Einzelleistungen zu werten und festzustellen, wem das Hauptverdienst zuzuschreiben ist und wer als «Vorläufer» gelten kann.

In der Geschichte der Dampfmaschine beispielsweise ist als Vorläufer an erster Stelle der Marquis von Worcester zu nennen (s. S. 136). Jonathan Hulls hingegen, der sich 1736 die Idee patentieren ließ, ein Schiff mit Hilfe einer Dampfmaschine anzutreiben, gebührt diese Ehre nicht. Hätte er nämlich versucht, seine Gedankengänge zu verwirklichen, so würde er sehr schnell die Erfahrung gemacht haben, daß die Newcomen-Maschine für einen solchen Zweck völlig ungeeignet war. Erst mit Watts Dampfmaschine war die Voraussetzung für eine fruchtbare Arbeit der Pioniere des Dampfschiffs geschaffen (s. S. 136 u. 159).

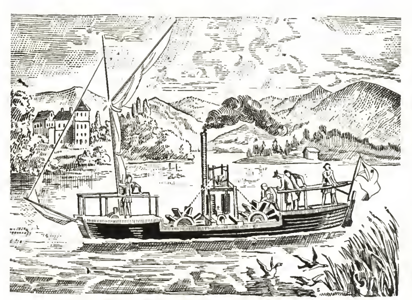
Der erste dieser Pioniere, der einigen Erfolg hatte, war der Marquis Claude-François Jouffroy d'Abbans, der nach verschiedenen vergeblichen Versuchen 1778 ein kleines Schaufelrad-Dampfboot baute, «Pyrocaphe» genannt, mit dem es ihm tatsächlich gelang, auf dem Doubs stromaufwärts vorwärtszukommen. Mit einem zweiten gleichartigen Boot, in das eine

DAS GESICHT DER FABRIK: Der Merkantilismus des Barock schuf mit seinen Manufakturen die ersten Arbeitsstätten. Oben das «Wollwerck» der 1679 in der Münchner Vorstadt Au errichteten «Churfürstlichen Fabrica». Darunter die düstere «Zwingburg» des Frühkapitalismus: Eine Baumwollspinnerei in Manchester um 1830. Das 20. Jahrhundert bringt eine neue Arbeits- und Baugesinnung. Schon vor dem ersten Weltkrieg, von 1911 bis 1914, haben Walter Gropius und Adolf Meyer diese helle, luftige Fabrik gebaut (Fagus-Werk in Alfeld).

von dem Maschinenbauer Jacques C. Périer beschaffte Watt-Maschine eingebaut war, fuhr der unternehmende Marquis im Juni 1783 erfolgreich bei Lyon auf der Saône gegen den Strom – freilich nur eine kurze Strecke, dann hielt der Schiffsrumpf der Beanspruchung nicht mehr stand. Man sieht: Es handelt sich lediglich um tastende Versuche.

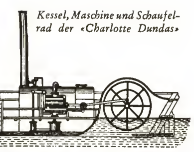
Das kleine Dampfboot des Marquis d'Abbans hatte Schaufelradantrieb, ähnlich den späteren Raddampfern; um so merkwürdiger mutet es an, wenn man hört, daß das erste erfolgreich mit Dampf getriebene Schiffchen nicht Schaufelräder hatte, sondern schon eine (archimedische) Schiffsschraube. Es war dies das Boot «Perseverance» des amerikanischen Ingenieurs John Fitch, das, von einer kleinen Dampfmaschine angetrieben, 1787 auf dem Delaware eine Geschwindigkeit von etwa 6 km in der Stunde zu erreichen vermochte. Im gleichen Jahr noch erhielt Fitch das alleinige Recht, im Staat Pennsylvanien das von ihm erfundene Dampfboot zu bauen und zu benutzen; die Maschine hierfür hatte er selbst gebastelt. Mit seinem 1790 gebauten Dampfboot hat er dann Tausende von Meilen in regelmäßigem Verkehr zurückgelegt.

Das erste (englische) Patent auf den Schriffspropeller hatte allerdings bereits zwei Jahre vor Fitch, also 1785, der englische Ingenieur Joseph Bramah erhalten, doch ist der Gedanke schon vorher mehrfach ausgespro-



Patrick Millers und William Symingtons Dampfboot von 1788

chen worden, so von dem Franzosen Du Quet (1731), von Johann Albrecht Euler (1764) und schließlich von dem französischen Mathematiker A. J. P. Paucton (1768). Fitch hatte einen beachtenswerten Konkurrenten in James Rumsay, dessen erste Versuche in das Jahr 1787 fallen.



Kessel, Maschine und Schaufelrad der «Charlotte Dundas»

In England hatte inzwischen der Bergwerksmechaniker William Symington auf eine Anregung hin, die von Patrick Miller aus Edinburgh stammte, einen eigentümlichen Doppelboot-Raddampfer gebaut, mit dem er 1788 auf einem kleinen See bei Millers Landhaus zu Dalswinton erstmals Versuchsfahrten unternahm. Symington verband zwei Boote miteinander und brachte im Raum zwischen diesen zwei hintereinander angeordnete Schaufelräder an, die durch eine Dampfmaschine von etwa 1 PS in Bewegung gesetzt wurden. Im folgenden Jahre baute Symington eine stärkere Maschine ein, aber nun mußte er Lehrgeld zahlen: Bei der Probefahrt auf dem Clyde-Kanal brachen die Schaufeln der Räder ab; Miller war verärgert und wollte nichts mehr von der Sache wissen. Aber Symington ließ nicht locker: Er baute 1801/02 das erste wirklich brauchbare Dampfschiff, die «Charlotte Dundas»; sie war mit einer doppeltwirkenden Watt-Maschine von 10 PS ausgestattet und wurde durch ein am Heck angebrachtes Ruderrad nach Millers Konstruktion angetrieben. Im März 1802 schleppte dieses Dampfschiff zwei Kanalboote mit einer Geschwindigkeit von 3¹/₄ englischen Meilen pro Stunde. Es war dies der erste Einsatz eines Dampfschiffs für kommerzielle Zwecke, das ununterbrochen in Betrieb war. Der Amerikaner Robert Fulton (1765–1815) sah im gleichen Jahr 1802 Symingtons Schiff auf dem Forth and Clyde-Kanal, und das mag der Anlaß dazu gewesen sein, daß Fulton, der zum erfolgreichsten Pionier der Dampfschiffahrt werden sollte, sich fortan so energisch für das neue Verkehrsmittel einsetzte. Schon im Januar des folgenden Jahres reichte er dem Pariser Conservatoire des Arts et Métiers seine Pläne zur Ausnutzung der Dampfkraft für den Antrieb von Schiffen ein und stellte im Frühjahr 1803 auf der Seine ein kleines Dampfboot mit einer Dampfmaschine von Jacques C. Périer fertig, das allerdings zerbrach und sank. Fulton ließ sich jedoch nicht entmutigen, und seiner Tatkraft ist es zu verdanken, daß von nun an der Gedanke der Dampfschiffahrt nicht mehr zur Ruhe kam. In seiner amerikanischen Heimat fand Fulton die rechten Förderer seiner Ideen, und am 17. August 1807 befuhr seine «Clermont» den Hudson von New York nach Albany; sie legte dabei die Entfernung

von rund 230 km in 52 Stunden zurück. Der Staat New York verlieh ihm daraufhin ein langjähriges Privileg.

Es erscheint uns heute verwunderlich, daß damals selbst Fachleute von Rang solchen Projekten und Versuchen noch höchst skeptisch gegenüberstanden. Als Fulton im Jahre 1809 an die bayerische Regierung den Vorschlag herantrug, die Donau aufwärts «ohne Pferde» zu befahren, also an die Stelle der von Pferden auf Treidelpfaden gezogenen Schleppkähne Dampfschiffe zu setzen, da nahm Josef v. Baader, dessen bekannte Starrköpfigkeit sich wenig später auch im Fall der Eisenbahnen zeigen sollte (s. S. 204), in einem ausführlichen Gutachten dagegen Stellung und «bewies», daß die Verwendung von Dampfschiffen auf einigermaßen schnell fließenden Strömen gänzlich unmöglich sei. Auch der geniale bayerische Ingenieur Georg v. Reichenbach hielt noch 1816 eine Dampfschiffahrt nur auf ruhigen Flüssen für durchführbar, allenfalls noch bei «nicht zu entfernten Expeditionen am Meere».

Solche Bedenken, wie sie ja bei jeder technischen Neuerung aufzutreten pflegen, wurden durch die praktische Erfahrung bald zerstreut. Die Binnendampfschiffahrt gewann schnell an Umfang und Bedeutung. In England eröffnete Henry Bell 1812 zwischen Glasgow und Greenock einen regelmäßigen Dampferverkehr. Um diese Zeit gab es aber auf amerikanischen Flüssen bereits über 50 Dampfboote; und 1814 begann Fulton schon mit dem Bau des ersten dampfgetriebenen Kriegsschiffes, dessen Fertigstellung er allerdings nicht mehr erleben sollte. Die Schaufelräder des 50 m langen Holzdampfers lagen zum Schutz gegen feindlichen Beschuß zwischen innerer und äußerer Beplankung. Zum Einsatz ist diese «Demologos», die nach dem Tod ihres Erbauers in «Fulton I» umgetauft wurde, nie gekommen; sie diente, bis sie abgewrackt wurde, als Magazinschiff.

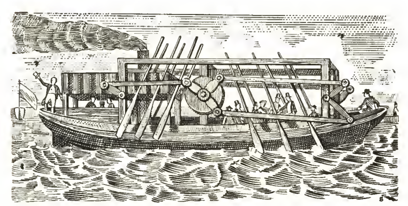
Der Rhein sah das erste Dampfschiff im Juni 1816: Der britische Dampfer «Defiance» fuhr, von Margate kommend, den Rhein bis Köln hinauf und wurde überall von großen Menschenmengen begeistert begrüßt. Im Jahr darauf kam sogar der 81jährige James Watt auf einem englischen Dampfer über den Kanal und befuhr den Rhein bis Koblenz. Ein regelmäßiger Dampferverkehr auf dem Rhein besteht seit dem 31. Mai 1817. Im Jahre 1825 hat August Wilhelm v. Schlegel gelegentlich einer Rheindampferfahrt des preußischen Königs Friedrich III. in klassischen Distichen folgende Worte zur Verherrlichung des neuen Verkehrsmittels gefunden:

Sah ich es? Täuschet der Blick? Nicht spielendes Wild der Gewässer,
Nicht vierfüßige Kraft ziehet das fremde Geschirr;
Noch stellt Masten es auf, noch breitet es Segel den Winden;
Wühlet die Flut nicht um unter der Ruderer Schlag.
Sondern es eilt freiwillig dahin mit beweglichen Kreisen,

Gleichwie dädalische Kunst lebende Bilder geformt.
Aber ich seh' auch Wolken des Rauchs, hoch sprühende Funken:
Dränget der wilde Vulkan etwa die Wellen zurück?
Welch ein Heroen-Geschlecht, dem so viel Wunder gehorchen,
Welchem der Schiffahrt Lauf ordnete göttlicher Wink!

Das Jahr 1816, in dem die «Defiance» den Rhein hinaufgedampft war, brachte den Beginn der Binnenschiffahrt auch auf den anderen deutschen Strömen. Auf der Weser rief der Bremer Kaufmann Friedrich Schröder einen regelmäßigen Dampferverkehr ins Leben; hier fuhr der erste in Deutschland gebaute Raddampfer, die «Weser», die Johann Lange in Vegesack gebaut hatte. Der Dampfer war mit einer Watt-Maschine ausgestattet und blieb bis 1833 auf der Unterweser in Betrieb. Im März 1816 erhielt der Glasgower Peter Kindcaird in Hamburg ein vierjähriges Privileg auf Bau und Einrichtung eines oder mehrerer Dampfboote zur Beförderung von Personen und Gütern zwischen Hamburg und Cuxhaven; der erste Elbdampfer war die «Lady of the Lake», die am 16. Juni 1816 ihre regelmäßigen Fahrten aufnahm. John Burnett Humphrey – ebenfalls Engländer, wie denn die Engländer überhaupt die Lehrmeister der frühen Dampfschiffahrt waren – erhielt 1815 das erste preußische Patent auf den Bau und den Betrieb von Dampfschiffen für die Flußschiffahrt. Sein erster Dampfer, die «Prinzessin Charlotte», nahm am 27. Oktober 1816 den Betrieb auf, und zwar zwischen Berlin und Potsdam.

In Österreich erhielten Anton Bernhard und Ritter von St. Leon 1819 je ein Privileg für die Donaudampfschiffahrt, nachdem beide ein Jahr zuvor Propagandafahrten von Wien nach Budapest unternommen hatten.

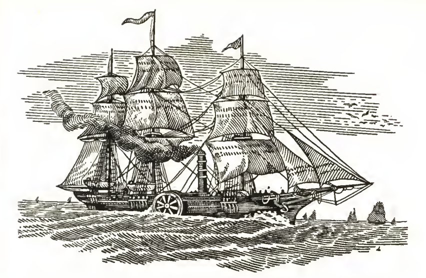


Fultons «Clermont» von 1807 war ein Raddampfer. Kaum bekannt ist, daß für die erste Form seines Dampfbootes ein umständlicher Ruderantrieb vorgesehen war

Ein dauernder Erfolg war ihnen jedoch nicht beschieden. Erst ein Jahrzehnt später, 1829, erfolgte in Wien die Gründung der kaiserlich königlich privilegierten Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft, nachdem die Engländer John Andrews und Josef Richard 1828 ein ausschließliches Privileg erworben hatten. Im Sommer 1830 begann der Dampfer «Franz Joseph» den regelmäßigen Verkehr auf der Donau.

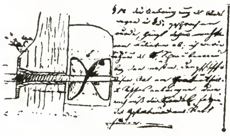
Solange Schiffe die Meere und Flüsse befahren hatten, war Holz der einzige Baustoff gewesen und geblieben. Nun aber, da mit dem 19. Jahrhundert das Zeitalter von Kohle und Eisen angebrochen war, ging man daran, eiserne Schiffe zu bauen. Die alten Fahrensleute auf den Windjammern schüttelten den Kopf: Eisen sollte schwimmen? Nun – es schwamm: Der erste Dampfer aus Eisen, die «Aaron Manby», 1821 in Horsley gebaut, kam 1822 mit einer Ladung von London nach Paris und befuhr dann jahrelang die Seine. Damit war der Bau von Dampfschiffen aus Eisen eingeleitet. Schon vorher aber hatte ein mit Dampf getriebenes Schiff den Atlantischen Ozean überquert: Am 24. Mai 1818 war im Hafen von Savannah der gleichnamige Dampfer mit dem Ziel Liverpool in See gegangen. Diese «Savannah» war in New York gebaut worden. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 6 Knoten erreichte sie Liverpool nach einer Fahrt von 27 Tagen und 11 Stunden am 20. Juni. Freilich war die Maschine insgesamt nur etwa 85 Stunden lang benutzt worden; in der übrigen Zeit hatte die «Savannah» Segel gesetzt. Auch die «Royal William», die vom 18. August bis zum 12. September 1833 von Pictou in Nova Scotia nach Gravesend fuhr, brauchte zeitweise Segel; da nämlich Seewasser zum Speisen des Kessels verwendet wurde, mußte er an jedem vierten Tag der Reise vom Salz gereinigt werden. Erst der «Sirius» gebührt die Ehre, den Atlantik ausschließlich mit Maschinenkraft überquert zu haben. Mit einer Maschine von 320 PS ausgestattet, fuhr sie am 4. April 1838 von Cork ab und erreichte trotz starker Gegenwinde New York am 22. April, also nach einer Fahrtdauer von 18 Tagen und 10 Stunden und mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 6,7 Knoten. Die «Sirius» kam knapp einen Tag vor der «Great Western» an, die am 8. April die Mündung des Avon verlassen hatte, 15 Tage 5 Stunden unterwegs war und 8,8 Knoten schaffte.

Alle diese Dampfer hatten immer noch Schaufelräder. Schon aber war die Schiffsschraube auf dem Wege, das Schaufelrad zu verdrängen, was freilich seine Zeit dauerte. Der Gedanke, ein Schiff mit einer archimedischen oder einer Propellerschraube anzutreiben, war an sich nicht neu (s. S. 226). Der österreichische Marine-Forstintendant Josef Ressel (1793 bis 1857) ist der Erfinder der ersten wirklich brauchbaren Schiffsschraube, auf die er 1827 ein österreichisches Patent erhielt, das 1829 verlängert wurde. Die Entwicklung seiner Idee, die archimedische Schraube als den



Die «Savannah» fuhr 1818 erstmals mit Dampfkraft über den Atlantik

Schiffsantrieb zu benutzen, vollzog sich allerdings unter erheblichen Schwierigkeiten sowie ärgerlichen Störungen durch die im Staate Metternichs allmächtige, ewig mißtrauische Polizei. Nach kleinen Vorversuchen gelang es Ressel schließlich, die «Civetta», ein Dampferchen von ganzen 33 Tonnen, mit einer (vermutlich zweiflügligen) Schraube auszustatten und 1829 mit 40 Gästen an Bord über den Golf von Triest eine Probefahrt zu unternehmen, bei der das Schiff eine Geschwindigkeit von 6 Knoten erreichte. Trotz seiner Patente vermochte sich Ressel nicht durchzusetzen, und den vollen Siegeszug der Schiffsschraube hat er nicht mehr erlebt. Andere heimsten den Erfolg ein. Im Jahre 1837 machte Francis Pettit Smith auf dem Paddington-Kanal in London Versuche mit einer schraubengetriebenen Dampfbarkasse, und im folgenden Jahre baute er seine «Archimedes», die den Übergang vom Schaufelantrieb zum Schraubenantrieb einleitet. Mit diesem Schiff erreichte Pettit eine Maximalleistung von $9^{3}/_{4}$ Knoten. Der schwedische Ingenieur John Ericsson, der schon 1836 ein britisches Patent auf seine Schraubenkonstruktion erhielt, bemühte sich in



Josef Ressels eigenhändige Zeichnung seiner Schiffsschraube

England vergeblich, Interessenten und Förderer zu gewinnen, obwohl er noch im gleichen Jahr 1836 der englischen Admiralität auf der Themse einen von ihm erbauten Schraubendampfer vorführte. Verärgert wandte sich Ericsson nach den Vereinigten Staaten, wo er sogleich Anerkennung fand. Ende 1843 besaß die amerikanische Handelsflotte bereits 41 Dampfer mit Schraubenantrieb. Ericsson schuf auch das erste größere, mit einer Propellerschraube ausgerüstete Kriegsschiff, die «Princeton». Und im Jahre 1861 baute er das berühmte Turmschiff «Monitor», dessen Duell mit der «Merrimac» während des amerikanischen Bürgerkrieges am 9. März 1862 in die Geschichte eingegangen ist. Denn die «Monitor», ein ganz tief im Wasser liegendes, mit einem schwer gepanzerten Geschützturm armiertes Schiff von nur 1200 Tonnen Wasserverdrängung, gab ihrem viel größeren Gegner, der hölzernen Dampffregatte «Merrimac», die man umgebaut und ebenfalls mit einem kräftigen Panzer versehen hatte, keine Chance. Der Kampf zwischen den beiden Panzerschiffen verlief unentschieden; da sich aber die «Merrimac» nicht nochmals zum Kampf stellte und die Blockade der Küste von Virginia durch die Schiffe der Nordstaaten nicht zu brechen vermochte, hat die «Monitor» erheblich zur Niederlage der Südstaaten beigetragen.

Der erste eiserne Transatlantik-Schraubendampfer war die «Great Britain», 1843 nach den Plänen von Isambard K. Brunel in Bristol gebaut. Der Dampfer hatte eine Schraube mit verstellbaren Flügeln. Mit 60 Passagieren und 600 Tonnen Ladung ging er am 26. Juli 1845 in See und erreichte von Liverpool aus in 14 Tagen und 21 Stunden mit 9,3 Knoten Durchschnittsgeschwindigkeit New York.

Von Brunel stammt auch die Idee des Riesenschiffs «Great Eastern», zu dem er 1851 die Pläne vorlegte. Dieser zuerst «Leviathan» genannte Koloß, von John Scott Russell & Co. gebaut, wurde 1852 auf Kiel gelegt und lief nach allerlei Schwierigkeiten am 31. Januar 1858 vom Stapel. Seine Länge betrug 210,6 m, die Breite 25,1 m. Eine von der Firma James Watt & Co. gelieferte Maschine von nominal 1600 PS bewegte eine vierflüglige Schraube und zwei riesige Schaufelräder von rund 19 m Durchmesser. Außer seinen 5 Schornsteinen besaß das Schiff noch 6 Masten. Die «Great Eastern» hatte eine Wasserverdrängung von 27000 t (18915 BRT). Wirtschaftlich erwies sich der Riesendampfer als ein Fehlschlag – die «Great Eastern» war von Anfang an ein Unglücksschiff. Aber sie spielte 1865/66 bei der Verlegung des ersten transatlantischen Kabels ihre Rolle (s. S. 250).

Die weitere Entwicklung im Dampfschiff ist gekennzeichnet durch die endgültige Verdrängung des Schaufelradantriebs durch die Schiffsschraube sowie durch eine ständige Leistungssteigerung der Antriebsmaschinen. Zu-

gleich begann der Wettlauf im Schnelligkeitsrekord auf der transatlantischen Route. Der letzte Schaufelraddampfer, der (inoffiziell) das «Blaue Band» – die Auszeichnung für die schnellste Überquerung des Atlantik – errang, war im Jahre 1862 die «Scotia» der Cunard-Linie mit 14 Seemeilen Durchschnittsgeschwindigkeit: Für die Reise von New York nach Queenstown brauchte sie 8 Tage und 3 Stunden. Von 1860 an hat sich besonders John Elder (1824–1869) in Glasgow um die Einführung der Compound-Maschine in die englische Handelsmarine bemüht. Sein britisches Hauptpatent erhielt er 1862 auf seine Dreizylindermaschine mit Dreifachexpansion und auf die Vierzylindermaschine mit Vierfachexpansion. 1871 erreichte die «Oceanic» der neubegründeten White-Star-Linie mit einer Maschine der letztgenannten Art, die dem Schiff etwa 2500 PS erteilte, eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 14½ Seemeilen in der Stunde (= Knoten). Sie war der erste eigentliche Gewinner des «Blauen Bandes». Der erste deutsche Schnelldampfer des Norddeutschen Lloyd mit einer dreizylindrigen Compoundmaschine von 5600 PS war die bei John Elder in Glasgow im Jahre 1880 erbaute «Elbe», die 16 Knoten Geschwindigkeit erreichte. Das war der Auftakt für weitere Bauten des Norddeutschen Lloyd, die alle Flußnamen erhielten. Im Jahre 1896 gab der Norddeutsche Lloyd bei der Stettiner Vulcan-Werft zwecks Wettbewerb mit den Schnelldampfern der Cunard-Linie einen neuen großen Expreßdampfer in Auftrag, die «Kaiser Wilhelm der Große», die mit 28 000 PS im Durchschnitt 22,35 Seemeilen stündlich schaffte und ein Jahr darauf das «Blaue Band» nach Deutschland holte. Die Maschinen dieses Dampfers stellten die letzte Vollendung der Kolbendampfmaschine dar. 1900 löste die Hamburg-Amerika-Linie den Lloyd ab, als sie mit der «Deutschland» den Weltrekord brach; in die «Deutschland» wurde die bis dahin größte Kolbendampfmaschine mit 18 000 PS Leistung eingebaut.

Nun ist es, wie die Geschichte der Technik zeigt, im Maschinenbau ein sozusagen gesetzlicher Ablauf, daß eine Maschine, wenn sie ihre optimale Leistungsgrenze erreicht hat, von einer Maschine anderer Art abgelöst wird, die sich als wirksamer erweist. Die Kolbendampfmaschine mußte (von der Jahrhundertwende an) der Turbine weichen. Sir Charles Algernon Parsons (1854–1931) hatte 1897 ein Versuchsschiff «Turbinia» mit seiner Turbine ausgestattet, das durch seine Schnelligkeit alles Bisherige übertraf. Mit einer Radialturbine von 2000 PS erreichte das kleine Schiff eine Höchstgeschwindigkeit von 34 Knoten (s. S. 321).

Die Cunard-Linie errang 1907 mit dem Vierschrauben-Turbinendampfer «Mauretania» (30704 t; ca. 78 000 PS; 26,25 Knoten) das Blaue Band und konnte es bis 1929, also 22 Jahre lang, mit diesem Schiff halten. In diesem Jahre siegte die «Bremen» des Norddeutschen Lloyd, die mit einer

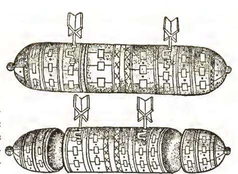
Vierschrauben-Turbinenanlage mit etwa 130 000 PS ausgestattet war und 27,5 Seemeilen in der Stunde schaffte; der Rekord der «Bremen» war 4 Tage, 18 Stunden und 17 Minuten.

Die Turbine wiederum wurde vom Dieselmotor abgelöst (s. S. 315), und heute stehen wir mit den Atom-U-Booten der Vereinigten Staaten und dem Atom-Eisbrecher der Sowjetunion an der Schwelle zu einem neuen Zeitalter des Schiffsantriebs.

Das Unterseeboot gehört zwar nicht zu den Verkehrsmitteln im eigentlichen Sinne des Wortes, denn es ist – von den deutschen Handels-U-Booten «Bremen» und «Deutschland» des ersten Weltkriegs und von den Tiefseetauchgeräten in der Art der Piccardschen «Bathyscaph» abgesehen – stets nur als kriegerisches Werkzeug der Zerstörung benutzt worden. Seitdem aber im Herbst 1958 zwei amerikanische Atom-U-Boote das Eis des Nordmeers unterfahren und damit einen neuen, unter dem Nordpol hinwegführenden Verkehrsweg erschlossen haben, ist es durchaus denkbar, daß das Unterseeboot schon in naher Zukunft auch dem friedlichen Handel dienen könnte. Da das Unterseeboot außerdem eine recht interessante Vorgeschichte hat und sich gerade hervorragende Wissenschaftler und Techniker im 17. Jahrhundert viele Gedanken über das Tauchboot gemacht haben, sei hier kurz auf die Geschichte des U-Boots eingegangen, zumal die Grundelemente des modernen U-Boots bis auf diese frühe Zeit zurückgehen, als – um 1620 – der Niederländer Cornelius Drebbel mit einem kleinen Tauchboot die Probe aufs Exempel gemacht hatte: Drei Stunden fuhr er getaucht die Themse von Westminster bis Greenwich hinab (s. S. 129).

Begonnen hat die Entwicklung des U-Boots mit der Taucherglocke. Diese war schon den Kulturvölkern der Antike bekannt. Aristoteles erwähnt Taucherglocken aus Erz, und sein Schüler Alexander der Große verwendete sie sogar bei seinen Feldzügen, so etwa bei der Belagerung von Tyrus im Jahre 332 v. Chr. Auch der vielseitige Techniker Philon von Byzanz (s. S. 58) kannte sie.

Die Urform eines Unterseebootes findet sich zum ersten Mal in einer Bilderhandschrift des Kriegstechnikers Roberto Valturio aus der Zeit um 1460. Gezeigt wird hier ein zylinderförmiges Überflutungsschiff, ein Boot also, dessen Deck nur wenig unter die Wasseroberfläche taucht. Tauchboote hingegen sind solche, die nur für kürzere Zeit auf mäßige Tiefe gehen, während man unter den eigentlichen Unterseebooten Schiffe versteht, die weite Strecken getaucht oft in großen Tiefen zurücklegen können. Valturios «U-Boot» wird durch zwei Kurbeln mit vierflügligen Schaufelrädern angetrieben. Auch bei Kyeser (s. S. 72) findet sich der Vorschlag für



Tauchboot aus der Bilderhandschrift des Robert Valturio, etwa 1460. Oben geschlossen, unten geöffnet. Die Schaufelräder sollten durch Handkurbeln im Innern des Bootes betätigt werden

ein Unterwasserfahrzeug, und 1644 – 20 Jahre nach Drebbels geglücktem Unternehmen – veröffentlichte der Mathematiker Marin Mersenne seine Gedanken über ein Tauchboot, dazu bestimmt, im Kriegsfall den Boden feindlicher Schiffe zu zerstören. Es sollte die Form eines Fisches haben und Kanonen an Bord führen, die Mersenne «Columbiaden» nannte; die Stückpforten wollte Mersenne durch eine Ventilgarnitur verschließen. Wenige Jahre später äußerte sich John Wilkins (1614–1672), der gelehrte Bischof von Chester, in seinem Büchlein «Mathematical Magick» (1648) eingehend auch über das Tauchboot. Er erörtert die Schwierigkeiten, die beim Bau eines solchen Schiffes zu berücksichtigen sind: Man muß Personen und Gegenstände hinein- und herausschaffen können, ohne daß Wasser eindringt, weshalb Wilkins an Lederdichtungen und Lederbälge vor den Luken denkt. Die Fortbewegung des Tauchbootes dachte sich Bischof Wilkins durch flossenähnliche Ruder, die selbstverständlich ebenfalls durch Lederfütterungen gegen das Schiffsinnere abzudichten sind. Tauchen und Auftauchen denkt er sich in der gleichen Weise, wie Drebbel dieses Problem gelöst hat, also noch nicht mit Wasserballast, der beim Auftauchen ausgestoßen wird. Die größte Sorge bereitet dem wackeren Bischof die Lufterneuerung; er weiß jedoch keine positiven Vorschläge zu machen. Dafür äußert er sich des langen und breiten über die Verwendungsmöglichkeiten: Man könne, so meint Wilkins, im Tauchboot unbemerkt fahren, wohin man wolle, und brauche sich nicht vor Seeräubern zu fürchten. Besonders im Kriege werde die Unterseeschiffahrt von großem Vorteil sein, um unter Wasser an feindlichen Schiffen Sprengkörper anzubringen oder aber mit einem Tauchboot blockierte Hafenplätze heimlich zu versorgen. Doch denkt Wilkins auch an anderes (und in dieser Hinsicht erinnern seine Ausführungen etwas an Jules Vernes Roman vom Kapitän Nemo und seiner «Nautilus»): an die Erforschung des Meeresbodens, seiner Fauna und Flora, an die Perlenfischerei, an das Untersuchen von Wracks oder das

Heben versunkener Schätze (wobei die Taucher das Fahrzeug unter Wasser verlassen und wieder besteigen sollen). Ob das freilich alles in Wirklichkeit umgesetzt werden kann, meint der erfindungsreiche Bischof abschließend, das vermöge er nicht zu sagen, allein er halte es doch für möglich und daher für nützlich, sich darüber auszusprechen. Ein Nachkomme dieses Bischofs war übrigens der australische Polarforscher Sir George Hubert Wilkins, der 1931 vergeblich den Versuch unternommen hat, den Nordpol im U-Boot zu erreichen.

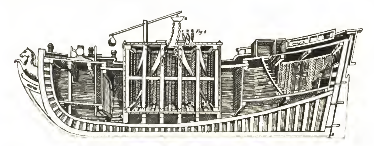
Ein anderer Beitrag zur Frühgeschichte des Unterseebootes stammt von dem Italiener Giovanni Alfonso Borelli (1683), der Mathematiker, Physiker, Astronom, Physiologe und Arzt zugleich war (s. S. 178). Die von Borelli entworfene Tauchvorrichtung bestand aus Schläuchen, die zwischen Platten angeordnet waren und mit dem Außenwasser in Verbindung standen. Wurden die Platten auseinandergezogen, so trat Wasser in die Schläuche ein, wirkte als Ballast – das Schiff sank. Wurde das Wasser durch Pressen der Platten auf die Schläuche aus diesen wieder entfernt, so sollte das Boot wieder auftauchen. Borelli hat mit diesem Vorschlag das «Fluten» der modernen U-Boote durchaus richtig vorausgeahnt.

Im Jahre 1691 konstruierte dann auch der vielseitige Denis Papin (s. S. 139 u. 142) ein Tauchschiff. Er wirkte damals in Hessen. Um die Luft zu erneuern, führte er eine lederne Röhre, die an einem Schwimmer aus Holz oder Kork befestigt war, zur Wasseroberfläche hinauf; ähnliche Atemschläuche finden sich übrigens schon seit dem klassischen Altertum als Luftzuführung für Taucher, und sie sind selbstverständlich auch Vorläufer des «Schnorchels». Papin erfand außerdem den Zentrifugal-Ventilator. Außer dem verschlossenen Einsteigschacht besaß das Papinsche Tauchboot noch besonders abgedichtete Öffnungen, um Sprenggeschosse an feindlichen Schiffen anbringen zu können; man sieht, daß die Bestimmung des U-Boots schon früh vorgezeichnet erscheint. Aber nur Leonardo da Vinci war wirklich konsequent; er vernichtete seine U-Boot-Pläne (s. S. 99).

Papins Boot ist tatsächlich erprobt worden. Zwar wurde es zunächst stark beschädigt, als es mit einem baufälligen Kran in die Fulda hinabgelassen werden sollte. Der Landgraf von Hessen-Kassel gab jedoch nochmals Mittel her, und mit einem zweiten Tauchboot tauchte Papin im Mai 1692 bei Kassel unter den Spiegel der Fulda. Der Versuch glückte vollkommen, doch was sollte man damals im meeresfernen Hessenland mit einer solchen Erfindung anfangen?

Das erste Todesopfer der Unterseeschiffahrt wurde der Engländer Day. Er hatte sich erstmals 1773 mit seinem Tauchschiff 10 Meter unter Wasser gesenkt, war dort 24 Stunden verblieben und dann aus eigenen Kräften wieder aufgetaucht. Am 20. Juni 1774 wiederholte er den Versuch im

Hafen von Plymouth mit einem neuen U-Boot. In einer Wette hatte er sich anheischig gemacht, eine Tauchtiefe von 400 Fuß – rund 120 Meter! – zu erreichen. Day nahm drei Holzpfähle mit, einen weißen, einen roten und einen schwarzen, um mit diesen Zeichen zu geben: Der weiße sollte gutes Befinden anzeigen, der rote mittelmäßiges, und der schwarze sollte Gefahr bedeuten. Es tauchte aber gar keiner auf. Days Freunde wurden unruhig und baten den Kapitän der in der Nähe ankernden Fregatte «Orpheus» um Hilfe. Man wandte alle Mittel an, um das getauchte Schiff zu heben, brachte es auch 5 Faden (rund 9 m) herauf, dann aber brachen die Werkzeuge, und Day war verloren.



Schnitt durch Days Tauchboot, mit dem der Erfinder 1774 tödlich verunglückt ist

Zwei Jahre später – 1776 – wurde der erste Angriff mit einem U-Boot gefahren: Der Amerikaner David Bushnell versuchte, von seinem Tauchboot «Turtle» aus eine hölzerne Sprengmine an der englischen Fregatte «Eagle» anzubringen. Das Unternehmen blieb jedoch infolge widriger Umstände ohne Erfolg, obwohl Bushnells Schiff eine für die damalige Zeit wohldurchdachte Konstruktion war.

Vom letzten Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts ab mehrten sich die Vorschläge zum Bau von Unterseebooten. Bemerkenswert sind zwei deutsche Projekte aus dieser Zeit: das des Landshuter Mediziners Joseph August Schultes von 1792 und ein von 1798 stammender Plan der bayrischen Ingenieure Josef von Baader und Georg von Reichenbach, den diese gemeinsam in einer Denkschrift für den Bevollmächtigten der französischen Republik am Münchner Hofe, d'Alquier, ausgearbeitet hatten (datiert vom 30. 1. 1798). An Schultes' Entwurf, der aus Mangel an Geldmitteln auf dem Papier blieb, ist beachtenswert, wie er die Frage der Lufterneuerung lösen wollte: durch «Luftmagazine» mit komprimierter Luft. Baader und Reichenbach dachten an ein kleines Tauchschiff für zwei Mann mit der Bestimmung, unter Wasser eine feindliche Flotte im Hafen anzugreifen und durch Sprengmittel zu zerstören. Der Schiffskörper sollte aus

zollstarken Metallplatten bestehen. Der Grundgedanke der horizontalen Fortbewegung bestand darin, daß mit Hilfe einer Druck- und Saugpumpe am Vorderteil des Schiffes gleichzeitig Wasser durch eine offene Röhre an der Spitze eingesaugt und durch zwei andere, seitlich heraustretende Röhren wieder ausgestoßen werden konnte. Die Regulierung des Gewichtes für die vertikale Bewegung sollte durch Einlassen bzw. Ausstoßen von Wasser als Ballast erfolgen. Die Denkschrift gelangte aber niemals in den Besitz des Direktoriums der französischen Republik, für das sie bestimmt war. Ob sie dort mehr Anklang gefunden hätte, als das Tauchbootprojekt Robert Fultons, der 1797 vergeblich beim französischen Marineministerium vorstellig wurde, ist fraglich. Erst 1801 konnte es Fulton dank der Unterstützung Napoleons in die Wirklichkeit umsetzen. Die Versuche mit seinem zigarrenförmigen «Nautilus», der über Wasser segelte, getaucht mit einer von Hand getriebenen Schraube fuhr, gelangen sogar recht gut. Allein, obwohl Fulton am 3. Juni 1801 bei einem Tauchversuch vor einer Prüfungskommission erfolgreich ein altes Schiff zu sprengen vermochte und später vor der Reede von Le Havre 6 Stunden getaucht blieb, fand er weder in Frankreich noch in der Folgezeit in England und in Amerika genügendes Interesse. Alle seine Bemühungen, dem Gedanken des Tauchbootes zum Durchbruch zu verhelfen, blieben erfolglos, und so wandte er sich der Dampfschiffahrt zu (s. S. 227).

Als der erfolgreichste Pionier des Tauchbootes, dessen Wirken für die weitere Entwicklung dieser Schiffsgattung auch nach britischem Urteil sehr wesentlich beigetragen hat, ist Wilhelm Bauer (1822–1875) anzusehen, der «Submarine-Ingenieur» – so bezeichnet ihn sein Grabstein in München. Im Jahre 1849 kam er, der geborene Bayer, anläßlich des Feldzugs in Schleswig-Holstein auf den Gedanken, mit Hilfe eines geeigneten Fahrzeugs – er nannte es «Eiserner Seehund» oder «Brandtaucher» – unter Wasser unbemerkt feindliche Schiffe anzugreifen und durch Bomben zum Sinken zu bringen. Die Frucht seiner Überlegungen und Versuche war Deutschlands erstes Unterseeboot, das auf der Werft von Schweffel & Howaldt in Kiel gebaut wurde. Am 1. Februar 1851 unternahm Bauer mit diesem kleinen U-Boot von 7,9 m Länge, das durch Treträder mit Zahnradübertragung auf eine Propellerschraube bewegt wurde, im Kieler Hafen eine Probefahrt, bei der es allerdings sank. Bauer konnte sich und seinen Gehilfen retten, indem er den Einsteigdeckel öffnete; durch den Druck der eingeschlossenen Luft wurden die Insassen an die Oberfläche des Wassers «geschossen». Bei Baggerarbeiten im Jahre 1887 wurde das Boot wieder aufgefunden und im Museum für Meereskunde in Berlin aufgestellt; jetzt befindet es sich bei der Fakultät für Schiffbau an der Rostocker Universität.

In den folgenden Jahren bot er sein Tauchboot in Österreich und England an, aber erst in Rußland hatte er 1855 Erfolg. Nach langen Verzögerungen konnte sein neues Tauchboot 1856 zu Kronstadt eine Probefahrt machen. Der «Seeteufel» war 52 Fuß lang, 12½ Fuß hoch und 11 Fuß breit und wurde ebenfalls durch Treträder bewegt, also durch Menschenkraft; mit 14 Menschen an Bord, einmal auch mit einer Musikkapelle von 4 Mann, tauchte Bauers «submariner Apparat» bis zu 7 Stunden. Bei der 134. Übungsfahrt im Jahre 1857 sank der «Seeteufel». Bauer baute in Kronstadt auch das Modell eines großen unterseeischen Kreuzers für 24 Geschütze und 74 Mann Besatzung. So etwas war freilich Zukunftsmusik! Da er auch in Rußland keine Anerkennung fand, kehrte Bauer schließlich nach Deutschland zurück und wandte sich anderen Erfindungen zu, deren bedeutendste das «unterseeische Kameel» war – ein Hebegerät für gesunkene Schiffe.

Im gleichen Jahr 1863, in dem Bauer mit seinem «unterseeischen Kameel» den im Bodensee gesunkenen Postdampfer «Bayern» hob, bauten in Amerika die Südstaaten eine ganze Reihe von Tauchbooten, um sich im Bürgerkrieg der übermächtigen Flotte der Nordstaaten zu erwehren. Die Schrauben der «Davids» wurden von Menschenkraft angetrieben, ein Preßluftvorrat ermöglichte längeres Tauchen, und wie bei den Vorgängern sollten auch diese Tauchboote Minen am feindlichen Schiff anbringen. «David IV», unter dem Namen «Hunley» gegen die vor dem blockierten Hafen Charleston ankernde hölzerne Fregatte «Housatonic» eingesetzt, kam zwar in die Nähe des Feindes, wurde dann aber von der blitzschnell Fahrt aufnehmenden Fregatte gerammt. Dabei explodierte die Mine, und beide Schiffe, die angreifende «Hunley» und die angegriffene «Housatonic», sanken. Das U-Boot hatte erstmals bewiesen, eine wie wirksame Waffe es sein konnte.

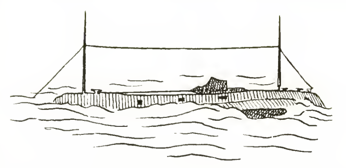
Weniger bekannt als dieser erste kriegerische «Erfolg» des U-Bootes ist die Tatsache, daß um die gleiche Zeit der Spanier Narciso Monturiol sehr bemerkenswerte Versuche in der gleichen Richtung wie Bauer und wie die Amerikaner anstellte. Im Jahre 1859 baute er in Barcelona ein Tauchboot, das mit 6 Personen an Bord 3 Stunden lang in Tiefen bis zu 20 m fahren konnte. Mit Monturiols Fahrzeug wurden über 50 Probefahrten unternommen. Sein 1862 gebautes Tauchboot «Ictineo» war das erste Doppelhüllenboot und wies damit eine durchaus neuzeitliche Form und Anordnung der Tauchtanks auf. Beim Doppelhüllenboot sind die Tauchtanks für den Wasserballast außen um den Druckkörper – den eigentlichen Schiffsrumpf, der dem Wasserdruck in der Tiefe standzuhalten hat – gelagert. Der Antrieb sollte über Wasser durch eine Dampfmaschine erfolgen; für die Unterwasserfahrt hatte der Erfinder, da es damals noch

keine für einen solchen Zweck verwendbaren Akkumulatoren gab, einen Motor gedacht, der seine Kraft durch die Wärmebildung bei der Oxydation chemischer Stoffe erhielt.

Wiederum 1863 hatte der Amerikaner Alstitt die Idee eines kleinen Unterseebootes von 21 m Länge mit Dampfantrieb über Wasser und Elektromotoren unter Wasser; dieser Gedanke des doppelten Antriebs der Schraube blieb für die Zukunft maßgebend. Der schwedische Kapitän Thorsten Nordenfelt unternahm 1885 in Landskrona mit einem zigarrenförmigen Unterseeboot aus Stahl von 60 t Wasserverdrängung und Dampfmaschinenantrieb seine ersten Versuche. In den folgenden Jahren baute er mehrere Unterseeboote; zwei davon lieferte er an die Türkei. Die Probefahrten am Goldenen Horn sollen zufriedenstellend ausgefallen sein.

Aus Bronze gefertigt war das Überflutungsboot, das der Ingenieur Goubet im Jahre 1889 im Auftrag des französischen Admirals Aube baute; 1891 wurde es in Cherbourg offiziell erprobt. Zur gleichen Zeit arbeitete nach den Plänen des Marineingenieurs Dupuy de Lôme der Ingenieur Gustave Zédé am gleichen Problem. Sein zweiter Bau, die «Gustave Zédé» von 1892, hatte eine Länge von 45 m und eine Wasserverdrängung von 260 t, einen von Sautter-Harlé konstruierten 760pferdigen Motor sowie für die Unterwasserfahrt eine Akkumulatorenbatterie von Laurent Celey. Das Fahrzeug war ebenfalls aus Bronze hergestellt und konnte eine Besatzung von 9 Mann aufnehmen. Bei einer Probefahrt in Toulon erreichte es untergetaucht eine Geschwindigkeit von 8 Seemeilen. Einen noch besseren Erfolg hatte 1899 der Marineingenieur Maxime Laubeuf mit seiner kleinen «Narval» aus Stahl, die 34 m lang war, 106 t Wasserverdrängung hatte und über Wasser von einem Petroleummotor, unter Wasser von einer Dynamomaschine angetrieben wurde. Die «Narval» war ein Doppelhüllenboot, wie es schon Monturiol gebaut hatte. Bei dem von der französischen Marine für die besten Konstruktionspläne von Unterseebooten 1898 ausgeschriebenen Wettbewerb erhielt Laubeuf den ersten Preis, und in der Folge gab die französische Regierung eine größere Anzahl von Booten des Typs «Narval» in Auftrag.

Inzwischen war man auch in den Vereinigten Staaten von Amerika nicht müßig geblieben. Hier wurde der irisch-amerikanische Lehrer John P. Holland (1840–1914) zum Pionier auf dem Gebiet des U-Boot-Baus. Holland hatte schon 1871 begonnen, sich für diese Schiffsart zu interessieren, und schließlich den Rest seines Lebens ganz dieser Aufgabe gewidmet. Sein erstes Tauchboot war 1881 bei der Probefahrt gesunken. 1897–1899 baute er sein fünftes, die «Plunger», die aber immer noch nicht befriedigte. Die «Plunger» hatte eine Länge von 16,4 m und besaß zur Überwasserfahrt einen Benzinmotor, zur Unterwasserfahrt Elektro-



Das erste von der US-Marine in Dienst gestellte Holland-U-Boot (1900)

motoren. Dagegen übernahm die Marine 1900 sein Einhüllen-Überflutungsboot, bei dem Tauchtanks und Brennstofftanks innerhalb des Druckkörpers lagen; da es sich bei amtlichen Probefahrten bewährte, wurden 1903 weitere 6 Boote dieses Typs in Bestellung gegeben. Zwischen 1899 und 1904 brachte Holland 20 Unterseebootspatente heraus, von denen die meisten von der «Electric Boat Company» erworben wurden. Das Holland-Boot ist in seinen Hauptzügen für die Konstruktion sämtlicher späterer U-Boote vorbildlich geworden, allerdings sind alle modernen Unterseeboote Doppelhüllenboote.

Die deutsche Marine nahm erst 1904 den U-Boot-Bau auf und konnte so die Erfahrungen des Auslandes nutzen. Das erste deutsche U-Boot, U 1, wurde 1906 auf der Germania-Werft in Kiel fertiggestellt. Es hatte etwa 240 t Wasserverdrängung und lief über Wasser 12, getaucht 9 Seemeilen. Seit 1910 wurden die U-Boote mit Dieselmotoren statt der weit weniger leistungsfähigen Petroleummotoren ausgestattet.

Zwei Weltkriege haben die Entwicklung der Unterseeboote sprunghaft voranschnellen lassen: Heute fahren U-Boote mit Walter-Turbinen, die mit hochkonzentriertem Wasserstoffsuperoxyd arbeiten, und mit dem in den Niederlanden erfundenen, in Deutschland erprobten Schnorchel, der es gestattet, auch auf Sehrohrtiefe getaucht die Diesel laufen zu lassen. Ultraschall-Ortungsgeräte – eine Fortentwicklung des von Alexander Behm 1916 erfundenen Echolots – lassen eine Tauchfahrt auch ohne Sehrohr zu. Die Größe ist auf mehr als 3000 Tonnen (getaucht) bei rund 100 m Länge gestiegen, die Geschwindigkeit auf 26,5 Knoten, die Tauchtiefe auf 250 m. Und mit dem am 21. Januar 1954 in den Vereinigten Staaten vom Stapel gelaufenen Atom-U-Boot «Nautilus», das einen praktisch unbegrenzten Aktionsradius hat und für praktisch unbegrenzte Zeit tauchen kann, ist eine neue Epoche angebrochen: Als im Jahre 1958 die «Nautilus» und fast zur selben Zeit die «Skate» (nach der «Nautilus» und der «Seawolf» das dritte der mit Kernenergie angetriebenen U-Boote der

USA) das Eis des Nordpols unterfuhren, war allen Kundigen klar, daß nun doch endlich dem Unterseeboot auch friedliche Aufgaben zufallen sollten, weil es Routen befahren kann, die jedem anderen Schiff verschlossen sind, und zudem allen Überwasserfahrzeugen bei Schlechtwetter, dem es durch Tauchen auszuweichen vermag, in der Sicherheit und der Schnelligkeit überlegen ist.

Vom Feuersignal zum Transatlantik-Kabel

Wer je eine Indianergeschichte gelesen hat (und wer hat das nicht?), der weiß, daß die Rothäute Nordamerikas ein klug durchdachtes System von Rauch- und Feuerzeichen benutzten, um dort, wo Rufen oder Armeschwenken nicht mehr ausreichten, Nachrichten über weite Strecken auszutauschen. Nicht viel anders war es in wohl allen alten Kulturen, und sehr früh schon sind sicherlich auch «feste» Nachrichtenlinien entstanden mit regelmäßig benutzten «Signalstationen»; in Aischylos' Tragödie «Agamemnon» lesen wir beispielsweise, daß die Meldung vom Fall Trojas binnen einer Nacht über eine Entfernung von mehr als 500 km nach Argos weitergegeben worden sei. Zuerst legte man die Feuerstellen auf weithin sichtbaren Berggipfeln an, später wurden für diesen Zweck Wachttürme errichtet. So telegraphierten die Römer etwa mit brennenden Fackeln, die je nach Art und Inhalt des Mitzuteilenden in verschiedenen Stellungen am Wachtturm angebracht wurden, ihre militärischen Anweisungen längs ihrer Grenzbefestigung gegen die Germanen, am Limes also entlang, der von der Donau bis in die Gegend von Rheinbrohl verlief. Etwa um 380 n. Chr. traten an die Stelle der Fackeln bewegliche Balken. Im Laufe des Mittelalters entwickelten sich dann diese «optischen Telegraphen» insofern weiter, als man nun hohe Holzgestelle errichtete, an denen ein Wippbalken mit einem gut sichtbaren Strohbündel angebracht war. Immer wieder taucht der Gedanke auf: Franz Kessler veröffentlicht 1615 Gedanken zur Nachrichtenübermittlung durch ein nachts anzuwendendes Blinkfeuer mit Kompaß, das nur in der eingestellten Richtung sichtbar ist, und Richard Lovell Edgeworth versucht 1767 probeweise eine 16 englische Meilen lange optische Telegraphenlinie zwischen Assy Hill und Nettlebed. Aber das war nur eine vereinzelte Unternehmung. Auch der große englische Naturforscher Robert Hooke (1684) und der Franzose Guillaume Amontons (1690) machen ähnliche Versuche oder Vorschläge – ebenfalls ohne weitere Folgen.

Hundert Jahre später jedoch ist es soweit. Jetzt liegt der Gedanke des optischen Telegraphen fast greifbar in der Luft. Da ist der Hanauer Pro-

fessor Johann Andreas Benignus Bergsträsser, der anno 1784 mit einem Telegraphensystem an die Öffentlichkeit tritt, das er «optische Post» oder «Synthematograph» nennt. Er will alle nur denkbaren optischen und akustischen Mittel zur Meldung militärischer Nachrichten im Kriegsfall benutzen: Feuer-, Rauch-, Licht- und Schallsignale. 1786 unternimmt Bergsträsser Versuche auf der Linie Feldberg–Homburg–Bergen–Philippsruhe ohne bleibenden Erfolg. Von allen Projekten, die damals mit der Lösung des Problems einer schnellen und zugleich leicht zu bedienenden optischen Telegraphie rangen, vermochte sich nur das des französischen Geistlichen Claude Chappe durchzusetzen, mit der er 1791 hervortrat; schnell verschaffte er mit seinem System dem optischen Signalwesen einen großartigen Aufschwung. Chappes «Semaphore» bestanden in der endgültigen Gestalt aus gegeneinander beweglichen Balkenflügeln, die auf Türmen oder hohen Gerüsten so angebracht wurden, daß man auf weite Entfernung deren jeweilige Stellung durch ein Fernrohr zu erkennen vermochte. Die Stellung der Signalbalken konnte so kombiniert werden, daß man eine große Zahl von Zeichen – insgesamt 196 – zu übertragen vermochte. 1792 legte Chappe sein System dem französischen Konvent vor, und ein Jahr darauf wurde es zuerst auf der Strecke Pelletier – St. Fargeau – St. Martin du Thertre über 70 km erprobt. 1793 konnten binnen 11 Minuten die ersten Telegramme signalisiert werden, und 1794 durchwanderte ein Zeichen auf der 270 km langen Linie von Paris nach Lille mit 20 Zwischenstationen binnen 2 Minuten, was für die damalige Zeit eine geradezu unerhörte Leistung bedeutete. Das System führte sich nicht nur in Frankreich erfolgreich ein. Der Karlsruher Physiker Johann Lorenz Böckmann machte 1793 die ersten Versuche in Deutschland. Am Geburtstag des Markgrafen Karl Friedrich von Baden, am 22. November 1794, sandte er nach Karlsruhe Deutschlands erstes Telegramm:

> Groß ist das Fest und schön! Triumph! Der Gute lebt,
> Um dessen Fürstenthron der Vorsicht Auge schwebt,
> Heil ihm, so tönt es fern und nah.
> O Fürst, sieh hier, was Teutschland noch nicht sah,
> Wie Dir ein Telegraph heut' Segenswünsche schicket.

Der optische Telegraph von Chappe beherrschte das Feld noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts hinein; erst 1853 wurden in Frankreich wie in Preußen (wo Pistor 1830 einen ähnlichen Dienst eingerichtet hatte) die letzten optischen Telegraphenlinien eingestellt – so lange also dauerte es, bis die elektrische Telegraphie die optische abgelöst hatte.

Elektrische Telegraphie – das heißt, bestimmte Signale mit Hilfe des Stromes in Drähten weiterzuleiten und die elektrisch übertragene «Information» am Zielpunkt in ein sichtbares Zeichen umzusetzen. Die ersten

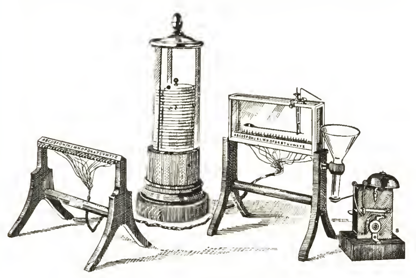

Relaisstation der optischen Telegraphenlinie Berlin-Koblenz auf dem Turm der Dorfkirche von Dahlem bei Berlin

nennenswerten Bemühungen, elektrischen Strom in Drähten weiterzuleiten, knüpfen an Versuche mit der Kleistschen bzw. Leidener Flasche an (1745). Um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität zu ermitteln, entlud Louis G. le Monnier 1746 in Paris eine Leidener Flasche mit einem 12789 Fuß langen Eisendraht. Zu einem brauchbaren Ergebnis kam jedoch erst Pater Joseph Franz in Wien im Mai 1746, der beobachtete, daß ein Draht von 5300 Fuß Länge «in unmerklich kurzer Zeit» von der Elektrizität durchlaufen wird. Zwei Jahre zuvor jedoch hatte schon Johann Heinrich Winkler die Meinung geäußert, «daß sich die Elektrizität bis an die Grenzen der Welt fortpflanzen lasse». Der früheste Hinweis auf die Möglichkeit, die Elektrizität (und zwar die Reibungselektrizität) zur Übermittlung von Nachrichten zu benutzen, findet sich in einem 1753 veröffentlichten Brief eines gewissen Charles Marshall. Freilich ist Marshalls Verfahren noch sehr umständlich, denn für jeden Buchstaben wird ein eigener Draht benötigt. In dem Brief heißt es: «Ich setze die Elektrisiermaschine in Bewegung und drücke, wenn z. B. das Wort ‚Sir' telegraphiert werden soll, mit einem Glasstab oder mit einem anderen isolierenden Körper den Draht S hinunter, um ihn mit der Batterie in Berührung zu bringen, und verfahre dann ebenso der Reihe nach mit den Drähten I und R. In demselben Augenblick sieht mein Korrespondent diese Buchstaben in derselben Reihenfolge gegen die elektrischen Kugeln am anderen Ende der Leitungsdrähte sich erheben. In dieser Weise buchstabiere ich weiter, während mein Korrespondent die Buchstaben aufschreibt.»

Der privatisierende Mathematiker Georg Louis Lesage in Genf setzte 1774 diesen Gedanken als erster in die Tat um, indem er die Wirkung der Elektrizität auf Goldblättchen-Elektrometer bzw. auf Holundermarkkügelchen zur Zeichengebung verwendete; jedem Buchstaben des Alphabets entsprach ein besonderes Elektrometer. Wurden die Elektrometer elektrisch geladen, so spreizten sich die Goldblättchen. Auf diese Weise telegraphierte er mit Hilfe von 24 isolierten Drähten von einem Zimmer

ins andere. Der Erfolg seiner Versuche führte Lesage dazu, eine unterirdisch verlegte Telegraphenanlage vorzuschlagen, die er in einem Brief aus dem Jahre 1782 an Pierre Prevost in Genf näher erläuterte: Die Drähte sollten in Röhren aus glasiertem Ton laufen. Auch der Schweizer Physiker Louis Odier äußerte sich bereits 1773 in erstaunlich klarer Weise über die verkehrstechnische Bedeutung des elektrischen Telegraphen, als er meinte, es wäre des Ruhmes wert, wenn man sich auf diese Weise über 4000 oder 5000 Wegstunden hinweg in weniger als einer halben Stunde mit dem Großmogul oder dem Kaiser von China, mit den Engländern oder jedem anderen Volk unterhalten könne. 1787 konstruierte der französische Mechaniker Lomond einen telegraphischen Apparat, der ähnlich arbeitete wie der von Lesage, aber (angeblich) nur mit *einer* einfachen bzw. einer doppelten Drahtleitung. In Genf schlug Heinrich Reußer 1794 vor, durch Erzeugen elektrischer Funken zu telegraphieren, und ähnliche Gedanken äußerte im gleichen Jahre Johann Lorenz Böckmann in Karlsruhe.

Im Jahre 1809 entwickelte der Anatom und Naturforscher Samuel Thomas von Sömmerring, damals als Mitglied der Akademie der Wissenschaften in München wirkend, den ersten galvanoelektrischen und elektrochemischen Telegraphen unter Verwendung der Voltaschen Säule. Er überbrückte mit diesem Gerät eine Entfernung von 700 Metern. Die Erfindung fußte auf der im Jahre 1800 entdeckten Tatsache, daß der galvanische



Sömmerrings elektrischer Telegraf von 1809

Strom das Wasser zersetzt. Sömmerrings Apparat bestand zuerst im wesentlichen aus 35 Drähten, die mit Goldspitzen in die Flüssigkeit tauchten und beim Schließen der Stromkreise die 25 Buchstaben und die 10 Ziffern durch Gasentwicklung sichtbar machten; die Drähte wurden später durch Gummi isoliert. 1812 vermochte Sömmerring bereits über eine Strecke von 10 000 Fuß (3000 m) zu telegraphieren. Ebenso ingeniös und kompliziert wie für uns Heutige lustig ist die Lösung, die sich Sömmerring 1810 ausgedacht hatte, um den am anderen Ende der Leitung Sitzenden anzuzeigen, daß ein «Telegramm» ankomme: Die bei einem bestimmten Buchstaben aufsteigenden Gasblasen sammelten sich unter einer kleinen Wölbung am Ende eines Hebelarmes solange, bis das Gas den Hebelarm hochhob, wodurch sich der andere Hebelarm senkte und eine Metallkugel anstieß. Diese fiel durch einen Trichter auf den Auslösemechanismus einer aufgezogenen Weckeruhr – es klingelte, und der Mann an der Empfangs-Apparatur wußte: Aha, der Herr Professor von Sömmerring beginnt zu senden!

Versuche, den Elektromagnetismus für die Telegraphie zu nutzen, setzten bald nach Hans Christian Oersteds Entdeckung ein, daß ein elektrischer Strom die Magnetnadel beeinflußt (1820). Noch im gleichen Jahre machte André Marie Ampère – jener französische Physiker, nach dem die Einheit der Stromstärke benannt ist – den Vorschlag, man solle doch zum Telegraphieren die Ablenkung der Magnetnadel anstelle der unbequemen elektrolytischen Wasserzersetzung nach Sömmerrings Methode verwenden. Dem Deutschbalten Baron Paul Schilling von Canstadt (1786 bis 1897), der schon mit Sömmerring zusammengearbeitet hatte, gelang es 1832 oder 1833, die ersten praktisch brauchbaren elektromagnetischen Telegraphenapparate zu konstruieren, und zwar zunächst einen Fünfnadel-, dann sogar einen Einnadeltelegraphen; die erste öffentliche Vorführung erfolgte 1835 auf dem Naturforschertag zu Bonn. Den ersten wirklich benutzten Nadeltelegraphen bauten im Jahre 1833 Carl Friedrich Gauß, der große Mathematiker und Physiker, und der noch junge Physiker Wilhelm Weber, beide in Göttingen, um sich über eine Entfernung von 1500 Metern zwischen der Sternwarte, deren Direktor Gauß war, und dem von Weber geleiteten Physikalischen Kabinett der Universität erdmagnetische Messungen schnell mitteilen zu können. Das erste Telegramm wurde kurz vor Ostern durchgegeben und lautete: «Michelmann kommt» – der brave Michelmann, der mit diesem ersten echten Telegramm unsterblich geworden ist, war Webers Institutsdiener. Um die Nachricht zu übermitteln, mußte der Magnetstab 43 Bewegungen machen, und die Übertragung des kurzen Textes dauerte 2 Minuten. Bis zum Jahre 1838 war diese Anlage im Betrieb. Da den beiden Forschern einfach die Zeit fehlte,

sich mit der Vervollkommnung des Telegraphen zu befassen, schlugen sie dem Professor Carl August Steinheil (1801–1870), Konservator der Mathematisch-Physikalischen Sammlungen an der Universität München, vor, sich damit zu beschäftigen. Steinheil erreichte denn auch wirklich eine erhebliche Verbesserung: Er konstruierte 1836 den ersten Drucktelegraphen: Durch zwei ablenkbare Magnetnadeln, die am Ende kleine Zeichenstifte trugen, konnten die Zeichen für die einzelnen Buchstaben oder Ziffern auf einem bewegbaren Papierstreifen aufgeschrieben werden; die Zeichen bestanden aus Punkten, die in zwei Reihen angeordnet waren. Steinheil erprobte seine Apparatur auf der 5 km langen Versuchslinie von der Münchner Akademie bis zur Sternwarte in Bogenhausen. Als er 1838 die Schienen der Bahnlinie Nürnberg – Fürth als Leitung zu benutzen versuchte, bemerkte er, daß der Strom von einer Schiene durch die Erde zur anderen überging. Steinheil zog sofort den richtigen Schluß: Wenn die Erde die Telegraphenströme leitete, so konnte sie selbst als Leiter eingeschaltet werden, um den Stromkreis zu schließen, und das hieß, daß man von der Telegraphen-Doppelleitung zu der bequemeren und billigeren Einfachleitung übergehen konnte. Eine praktische Auswirkung hatten Steinheils Versuche allerdings nicht; Fortschritte brachten erst die Engländer und Amerikaner.

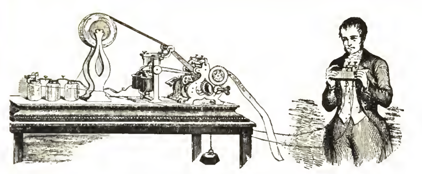
Als der Engländer William Fothergill Cooke 1836 im physikalischen Kolleg des Professors Georg Wilhelm Muncke einen dem Schillingschen ähnlichen Nadeltelegraphen sah, erkannte er sogleich die hohe praktische Bedeutung, die ein solcher Apparat besonders für das aufblühende Eisenbahnwesen erlangen konnte. Er setzte sich mit dem Physikprofessor Charles Wheatstone (1802–1875) in Verbindung, und aus beider Zusammenarbeit entsprang 1837 die Erfindung eines Vier- und eines Fünfnadel-Telegraphen, auf den am 12. Dezember desselben Jahres ein Patent angemeldet wurde. Der große Eisenbahnpionier George Stephenson zögerte nicht, diesen Telegraphen für sein Werk zu nutzen: Schon am 27. Juli 1837 wurde auf der Strecke Euston Square–Cambden Town die erste, 30 englische Meilen lange Eisenbahntelegraphenlinie in Betrieb genommen.

Allgemein bei den englischen Bahnen eingeführt wurde der Telegraph allerdings erst, nachdem Wheatstone und Cooke ihren Apparat mehrfach vereinfacht und umgestaltet hatten. Im Jahre 1839 stellte Wheatstone seinen ersten Zeigertelegraphen – patentiert im Januar 1840 – her; er erfand auch das Relais, eine Magnetspule mit Anker zum Öffnen und Schließen von Stromkreisen. Aus dem Jahre 1841 stammt sein Einnadeltelegraph; zwei Jahre danach hielt seine Erfindung ihren Einzug auf dem Kontinent.

Inzwischen hatte sich in den Vereinigten Staaten der Historienmaler Samuel Morse (1791–1872) ebenfalls mit der elektrischen Telegraphie be-

schäftigt. An Bord des Paketbootes «Sully» im Oktober 1832, auf der Heimreise von Europa, wo er sich vier Jahre aufgehalten habe, sei, so wird erzählt, die «vision from heaven – die göttliche Eingebung» über ihn gekommen, die ihn den Schreibtelegraphen erfinden ließ. 1837 konnte er das Modell seiner Konstruktion eines elektromagnetischen Schreibtelegraphen vorführen. Sein Telegraph beruht darauf, daß ein Papierstreifen in gleichförmiger Bewegung unter einem Stift vorbeigeführt wird. Der Schreibstift sitzt an einem beweglichen Hebel, dessen eine Seite von einem Elektromagneten angezogen wird, wenn dieser erregt, also von Strom durchflossen wird. Solange der Stromdurchgang unterbrochen ist, drückt der Schreibstift auf das Papier und erzeugt dort eine grade Linie, wird der Stromkreis geschlossen, so wird der Hebel mit dem Schreibstift seitlich abgelenkt, und es entsteht eine Zickzacklinie. So war es wenigstens bei dem ersten Modell Morses, dessen Konstruktion an sich nichts Neues bot und dem Steinheilschen Telegraphen sogar unterlegen war. Die spätere Strichpunktschrift wurde erst möglich, als Morse zur waagerechten Lagerung des Schreibhebels überging. Die Stromunterbrechung erfolgte anfangs durch «Typen», die wie die Buchdrucklettern vorher zusammengesetzt werden mußten. Erst wesentlich später, nicht zuletzt durch den Einfluß der Verbesserungen, die der Telegraph nach seiner Einführung in Deutschland erhielt, ging Morse zum Geben der Zeichen durch die Hand mit Hilfe eines «Schlüssels» über, aus dem sich dann die bekannte Morsetaste entwickelte. Sie hat ihre Bedeutung auch heute noch nicht verloren, spielt vor allem im telegraphischen Sicherungsverkehr der Eisenbahn eine große Rolle. Das Morse-Alphabet, das aus Punkten – eigentlich kurzen Strichen – und dreimal so langen Strichen besteht, stammt in seiner jetzigen Form von dem Inspektor der Hamburg-Cuxhavener Telegraphenanlage Gerke. Für seinen Telegraphen erhielt Morse am 26. Juni 1840 ein Patent. Mit Unterstützung der amerikanischen Regierung richtete er 1843 die erste Versuchslinie zwischen Washington und Baltimore ein; am 27. Mai 1844 lief die erste Depesche über diese Leitung. 5 Jahre später brachte Robinson den Morsetelegraphen nach Europa, wo die erste Linie die zwischen Cuxhaven und Hamburg war. Im Verlaufe der Weiterentwicklung von Telegraphenapparaten zeigte Julius Wilhelm Gintl in Wien 1853, daß es möglich ist, mehr als ein Telegramm gleichzeitig auf der Leitung zu befördern (Mehrfachtelegraphie) und erfand die Bauart des «Gegensprechers».

Den ersten Typentelegraphen schuf Werner Siemens (1816–1892, s. S. 275); am 7. Oktober 1847 erhielt er ein preußisches Patent auf einen Telegraphenapparat, der Buchstaben druckte. Doch erst die Fernschreiberkonstruktion des Amerikaners David Edward Hughes von 1855 führte sich allgemein ein, 1858 auch in Europa. Seit etwa 1868 ist dieser inzwi-



Morseapparat aus dem Jahre 1847

schen wesentlich verbesserte Apparat zum Betrieb von internationalen Leitungen zugelassen.

Mit der Zunahme des Telegraphieverkehrs machte sich der Bedarf an geeigneten Kabeln sehr störend bemerkbar. Das bis dahin bekannte Isolationsmaterial – Kautschuk, Asphalt, Wachs, Harz oder Schellack – genügte den steigenden Anforderungen nicht mehr. 1843 führte José d'Almeida das Guttapercha in Europa ein, das alsbald von Michael Faraday auf seine Isoliereigenschaften geprüft wurde. Der erste, der es praktisch erprobte, und zwar an Unterwasserkabeln, war Wheatstone. Zugleich schlug er für die mit Guttapercha isolierten Kabel eine Armierung durch Bleirohre vor. Von 1845 an bemühten sich dann die Brüder Jacob und John Watkins Brett in England um die Unterwassertelegraphie. Sie erlangten die französische Konzession, ein Kabel von Dover nach Calais verlegen zu dürfen, und begründeten 1849 die «English Channel Submarine Telegraph-Company». Das Kabel, das eine Länge von 25 Seemeilen hatte, wurde 1850 unter der Leitung von C. J. Wollaston verlegt. Aber ein Schaden, der dem Kabel durch einen französischen Fischer zugefügt wurde, führte zu einem Mißerfolg des Unternehmens. Ein weiteres vieradriges Guttaperchakabel mit einer Armatur aus starken Rundeisendrähten verlegte man nunmehr unter Mitwirkung von Thomas Russel Crampton; es entsprach bis 1861 allen Anforderungen.

Wie man an der Gütesteigerung der Seekabel interessiert war, so mühte man sich auch darum, die Erdkabel zu verbessern. So verlegte 1847 Werner Siemens eine unterirdische Telegraphenleitung zwischen Berlin und Großbeeren, bei der er als Isoliermaterial eine Mischung von Guttapercha und Schwefel verwendete. Im gleichen Jahre konstruierte er eine Schraubenpresse als Maschine zum Herstellen einer isolierenden, nahtlosen Guttapercha-Umhüllung für die Kupferdrähte des Kabels; diese Guttapercha-Presse wurde bald allgemein bei der Fabrikation isolierter Drähte für unterirdische und submarine Leitungen verwendet.

Die Erfahrungen, die man weiterhin mit Seekabeln machte, waren der Anlaß, dem von Morse angeregten Plan eines transatlantischen Kabels zwischen der Alten und der Neuen Welt schnell große Beachtung zu schenken. Schon 1853 begann man mit der Auslotung der Meerestiefen auf der als besonders geeignet erkannten «Kabelstraße» zwischen Irland und Neufundland. Ein Jahr darauf erwarb der New Yorker Kaufmann Cyrus W. Field von der britischen Regierung für 50 Jahre das ausschließliche Recht zum Landen von Kabeln auf Neufundland.

Für diese gewaltige Aufgabe hätte man nun ein hinreichend großes Schiff gebraucht, das imstande war, das ganze mehrere tausend Kilometer lange Kabel auf einmal an Bord zu nehmen. Da man aber über kein geeignetes Schiff verfügte, wurde 1857 das Verlegen der Kabel von beiden Endpunkten aus durch die Schiffe «Agamemnon» und «Niagara» in Angriff genommen. Das Unternehmen stand unter keinem glücklichen Stern. Im August 1857 führte ein Sturm zum Bruch des Kabels, das damit verlorenging, und ließ das Vorhaben scheitern. Im nächsten Jahr wurde der Versuch wiederholt, und diesmal war er von Erfolg gekrönt: Die 3745 km lange Kabelverbindung wurde glücklich fertiggestellt. Man begrüßte das Gelingen mit großem Jubel, und die Regierungshäupter Großbritanniens und der Vereinigten Staaten wechselten am 7. August 1858 die ersten Glückwunschtelegramme über den Ozean. Aber die Freude dauerte nicht lange. Schon am 1. September zeigten sich Schwächen in der Übertragung der Telegramme, und am 20. Oktober verstummte das Kabel vollständig. Für die Unternehmer bedeutete das einen Verlust von 10 Millionen Mark.

Nun war guter Rat teuer. Es fehlte an Vertrauen, ein so kostspieliges und gewagtes Unternehmen von neuem zu finanzieren. Inzwischen wurden aber weitere Erfahrungen gesammelt. Im September 1857 glückte es, zwischen Cagliari auf Sardinien und Bona in Algerien ein Seekabel zu verlegen, nachdem Werner Siemens eine Kabellegemaschine entwickelt hatte, die sich ausgezeichnet bewährte. Auch die Kabelverbindung von Suez über Aden nach Karatschi an der Indusmündung mit einer Länge von insgesamt 5500 km, die in dem Zeitraum zwischen Mai 1859 und Januar 1860 vollendet wurde, war eine glänzende Leistung, an der wiederum Siemens mitwirkte. So gelang es schließlich dem unermüdlichen Cyrus Field doch noch, die interessierten Kreise erneut für eine Kabelverbindung zwischen Irland und Neufundland zu gewinnen, und 1865 gründete er eine neue Gesellschaft. Das Kapital für dieses Unternehmen wurde diesmal hauptsächlich in England aufgebracht. Für die Kabellegung war jetzt auch ein genügend großes Schiff vorhanden: die «Great Eastern», die, wie bereits erwähnt (s. S. 232), als Passagierdampfer wirtschaftlich ein Fehlschlag gewesen war. Nun aber hatte man für das Riesenschiff eine lohnende Aufgabe! Das

Experiment jedoch mißglückte ein zweites Mal: Am 2. August 1865 brach das von der «Great Eastern» verlegte Kabel und versank. Die Versuche, es wieder zu heben, schlugen fehl. Allein die Unternehmer ließen sich diesmal nicht entmutigen. Am 7. Juli 1866 lief die «Great Eastern» von Irland mit einem verstärkten Kabel wieder aus und erreichte am 27. Juli glücklich ihr Ziel, die Trinity-Bay auf Neufundland. Und am 4. August war endlich das große Werk der Kabelverbindung zwischen Europa und dem amerikanischen Kontinent geschafft.

Die vielen Erfinder des Telephons

Wenn man nach dem Erfinder des Telephons fragt, so wird man in den verschiedenen Ländern verschiedene Antworten erhalten. In Deutschland wird man hören: Philipp Reis. In den englisch sprechenden Ländern lautet die Antwort: Graham Bell. Der Franzose wird seine Stimme für Charles Bourseul abgeben, und der Italiener für Antonio Meucci. Wer hat nun recht?

Nun, beim Telephon war es nicht anders als bei mancher anderen Erfindung. In der Technikhistorie fehlt es wahrlich nicht an Beispielen für die Tatsache, daß etwas «in der Luft liegt». Das ist auch bei den Erfindungen immer dann der Fall, wenn die Voraussetzungen gegeben sind oder das Bedürfnis offen zutage tritt: Unabhängig voneinander beschäftigen sich dann oft mehrere, wenn nicht viele erfinderische Köpfe oder Forscher mehr oder weniger gleichzeitig mit dem in Frage stehenden Problem, und sie gelangen, von denselben Tatsachen oder Ideen ausgehend, zu den gleichen oder nahe verwandten Lösungen. So geht es auch mit Telephon und Mikrophon (s. Tafel S. 205).

Am 8. Juli 1809 hatte der aus Thorn stammende, in München lebende Arzt und Naturforscher Dr. Samuel Thomas von Sömmerring den elektrischen Telegraphen konstruiert; es war dies ein noch umständliches Unternehmen mit 35 Drähten (s. S. 245). Als der ebenso geniale wie temperamentvolle Romantiker der Physik Johann Wilhelm Ritter davon erfuhr, schrieb er folgende Zukunftsvision: «Sollte es nach so vielen Versuchen, das Fernschreiben zu kultivieren, nicht interessant sein, auch dem Fernsprecher neue Aufmerksamkeit zu widmen? Von Bureau zu Bureau oder ähnlichem zueinander geleitet, würden solche einfachen Schalleitungen häufig ein vortreffliches Mittel sein können, um sich schnell des nötigen Rats zu erholen.» – Genau fünfzig Jahre später war es so weit: Da hatte der junge Lehrer Philipp Reis den Fernsprecher, von dem Ritter nur geträumt hatte, in einem Modell zur Wirklichkeit werden lassen.

Schon im Jahre 1837 hatte der amerikanische Professor Charles G. Page

die Entdeckung gemacht, daß ein elektromagnetischer Stab durch schnelle Veränderung seines magnetischen Zustandes von 4000 bis 6000 Schwingungen einen andauernden und gut hörbaren Ton erklingen läßt. Dieses elektro-akustische Phänomen wurde in den folgenden Jahren mehrfach von anderen Forschern studiert, so von W. Wertheim in Paris (1848), und diese Untersuchungen führten bald auf den Gedanken, auch umgekehrt Töne in elektromagnetische Schwingungen zu verwandeln, sie auf elektrischem Wege in die Ferne zu übermitteln und die elektrischen Schwingungen am Zielort wieder in akustische umzusetzen, also in hörbare Töne. Auch Philipp Reis, dessen eigene Versuche bis in das Jahr 1852 zurückführen, hatte zunächst nur an die Übertragung musikalischer Eindrücke auf diesem Wege gedacht und fußte dabei auf Wertheims Beobachtungen über Töne, die mit Hilfe des elektrischen Stroms erzeugt werden konnten.

Der französische Telegraphenbeamte Charles Bourseul war allem Anschein nach der erste, der 1854 schriftlich einen klaren und zutreffenden Vorschlag niedergelegt hat, die menschliche Stimme elektromagnetisch zu übertragen, nachdem er bereits seit fünf Jahren an diesem Problem gearbeitet hatte. Seine Denkschrift «Telephonie électrique» ist in der «Illustration de Paris» am 26. August 1854 veröffentlicht und fand sogar in der Fachpresse des In- und Auslandes Widerhall. Dennoch war ihm kein Erfolg beschieden. Schlimmer noch: Bourseul war selbst in seiner Heimat so vollkommen vergessen, daß der französische Generalpostmeister Mougeot ihn für einen harmlosen Narren hielt, als Bourseul kurz vor seinem Tode im Jahre 1907 um Erhöhung seiner dürftigen Beamtenpension vorstellig wurde und sich dabei als den Erfinder des Telephons bezeichnete. Mougeot ging dann aber doch der Sache nach und fand zu seinem nicht geringen Erstaunen die Ansprüche des alten Mannes berechtigt, so daß er ihm eine Erhöhung der Jahrespension um 3000 Franken erwirkte. Bourseul kannte schon um 1849 die Vibrationsplatte; es gelang ihm jedoch nicht, einen brauchbaren Empfänger zu konstruieren, der die elektrischen Wellen wieder in Schallschwingungen zurückverwandelt.

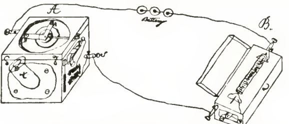
In Deutschland war der in Friedrichsdorf bei Homburg vor der Höhe wirkende Lehrer Philipp Reis (1834–1874) in hervorragendem Maße an der Erfindung des Telephons beteiligt. Schon 1852, als Achtzehnjähriger, hat er wohl – angeregt durch den Wagnerschen Hammer, ein beliebtes elektrisches Demonstrationsobjekt – an seinem ersten Modell eines «künstlichen Ohres» gebastelt, das die Luftschwingungen des Schalles in elektrische Stromstöße umwandeln sollte.

Mit einem alten Faßspund, den er durchbohrt und an einem Ende mit einer Schweinsblase verschließt, fing er an. Gegen die Membran der Blase

legte sich ein leicht drehbarer Hebel, dessen anderes Ende mit einem einstellbaren federnden Platinplättchen einen elektrischen Kontakt bildete. Die Schallschwingungen, die entstanden, wenn man gegen die Membran sprach, wurden auf den Hebel übertragen, der den Kontakt im schnellen Rhythmus der Schwingungen öffnete und schloß. Die so entstehenden Stromstöße führte Reis mit einem Kupferdraht zu einer Spule; diese Drahtspule war um eine Stricknadel gewickelt, die ihrerseits in das Schallloch einer Geige hineingesteckt war. Durch die ankommenden Impulse wurden die Stricknadeln in Schwingungen versetzt, und der Kasten der Geige wirkte als Resonanzboden, der diese Schwingungen als Töne hörbar werden ließ.

Diese erste Einrichtung wird laufend verbessert, die Membran in einem Gehäuse untergebracht, und ein Sprechtrichter führt die Schallschwingungen zur Membran. Beim Empfänger ist an die Stelle der Geige ein viereckiger Resonanzkasten getreten. Mit dieser Anlage vermag Reis bereits über eine Entfernung bis zu hundert Metern Töne, Tonfolgen und – bei besonders feiner Einstellung der Kontakte des Senders – auch gesprochene Worte übertragen. Am 18. Oktober 1863 kann der Erfinder an F. J. Pisco schreiben: «Der Apparat gibt ganze Melodien, die Tonleiter zwischen C und c ganz gut wieder, und ich versichere Sie, wenn Sie mich hier besuchen wollen, daß ich Ihnen zeigen will, daß man imstande ist, allerdings auch Worte zu verstehen.»

Damals hatte Reis bereits die erste große Enttäuschung hinter sich. Die gelehrten Herren des Frankfurter Physikalischen Vereins nämlich, denen er am 26. Oktober 1861 sein Telephon – auch dieser Name stammt von Philipp Reis – vorgeführt hatte, hielten den Apparat des Lehrers aus Friedrichsdorf für Spielerei, und daran änderte sich auch nichts, als Reis ein verbessertes Telephon zwei Jahre später erneut demonstrierte und selbst so hohe Herrschaften wie der österreichische Kaiser und der bayerische König dieses Telephon mit allerhöchstem Interesse betrachtet hatten (s. Tafel S. 205). Die führende physikalische Zeitschrift, Poggendorffs



Handskizze von Philipp Reis aus seinem Brief vom 13. Juli 1863 an den Londoner Mechaniker Ladd

«Annalen der Physik», lehnte eine von Reis eingereichte Abhandlung als «ungeeignet» ab. Damit traf den Erfinder dasselbe Schicksal wie Robert Mayer, dessen große Entdeckung von der Erhaltung der Energie Poggendorff ebenfalls verworfen hatte. An der Tatsache, daß man allenthalben das Telephon des Lehrers Reis für eine Spielerei hielt, änderten auch nichts die Rundschreiben, die er zusammen mit dem Mechanikus J. Wilhelm Albert im August 1863 versandte: «Jetzt bin ich im Stande, einen Apparat zu bieten, welcher meinen Erfahrungen entspricht, und mit welchem es jedem Physiker gelingen wird, die interessanten Experimente über Tonreproduktion auf entfernten Stationen zu wiederholen.» Auf der Gießener Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte 1864 hörte man sich zwar seinen Vortrag mit Interesse und Beachtung an, aber auch das half ihm nicht weiter – dafür, daß dieses Telephon für das Wirtschaftsleben eine ungeahnte Bedeutung haben könnte, fehlte jegliches Verständnis. Enttäuscht und vergessen starb Philipp Reis an der Lungentuberkulose, gerade vierzig Jahre alt geworden, am 14. Januar 1874 – wenige Tage nachdem er noch einmal gesagt hatte: «Ich habe der Welt eine große Erfindung geschenkt; anderen muß ich es überlassen, sie weiterzuführen.»

Dem amerikanischen Taubstummenlehrer und Sprachphysiologen Alexander Graham Bell (1847–1922) war das Telephon des unglücklichen Friedrichsdorfer Lehrers nicht unbekannt geblieben. Bell kannte, wie er selbst zugegeben hat, Reis' Konstruktion aus einem Aufsatz, den Wilhelm v. Legat in einer österreichischen Fachzeitschrift 1862 veröffentlicht hatte, und schickte kurz nach dem Tode von Reis einen Bevollmächtigten nach Friedrichsdorf, um noch lebende Zeugen der Erfindung zu einer Reise nach Amerika zu bewegen. Hier sollten sie über die verschiedenen Einzelheiten Auskunft geben. Es meldeten sich auch drei Personen. Dann aber blieb es bei einer gerichtlichen Aussage der drei Zeugen in Deutschland im Beisein des Bevollmächtigten. Mit diesen Unterlagen kehrte Bells Gewährsmann nach Amerika zurück; seitdem soll Bell seinem Vorgänger die Priorität der Erfindung des Telephons nicht mehr abgestritten haben.

Ein weiterer Pionier des Fernsprechers war Antonio Meucci (1808 bis 1889), ein nach Amerika ausgewanderter Italiener. Meucci begann sich fast zu gleicher Zeit wie Bourseul mit dem Problem des «sprechenden Telegraphen» zu beschäftigen. Schon 1852 glückte es ihm in Havanna, Gespräche von einem Stockwerk seines Hauses in ein anderes zu übertragen. 1860 war er mit seinen Versuchen zur elektrischen Übertragung der menschlichen Sprache auf größere Entfernungen so weit gediehen, daß er seinen Apparat dem Präsidenten der «New York District Telegraph Company» vorführen konnte. Meuccis Konstruktion besaß bereits eine schwingende Metallplatte als Membran. Der Apparat wurde ihm in

Amerika am 23. Dezember 1871 patentiert und stellte im wesentlichen bereits die gleiche Lösung dar, die Graham Bell mit seinem «speaking telephone» zuerst 1876 öffentlich vorführte. Meucci lebte in dürftigen Verhältnissen und war infolgedessen nicht in der Lage, sein Recht durchzufechten, das ihm aber noch vor seinem Tode wenigstens ideell durch einen von der «Globe Telephone Company» gegen die «Bell Company» gewonnenen Prozeß zuteil wurde.

1876 meldete Alexander Graham Bell seinen Apparat «zur Erzeugung musikalischer Töne» in Amerika zum Patent an und erhielt es am 7. März desselben Jahres. Mit diesem Patent 174485 endet die Vorgeschichte des Telephons und beginnt sein Siegeszug. Da jedoch noch andere Konstrukteure, zum Beispiel Elisha Gray, mit Prioritätsansprüchen hervortraten, ist es kein Wunder, daß sich Bell alsbald in kostspielige und langwierige Prozesse verwickelt sah. Mag man ihm seinen Ruhm streitig machen – sein magnetoelektrisches Telephon von 1876, in dem auch die Fernübertragung der menschlichen Sprache mittels magnetelektrischer Wechselströme verwirklicht erscheint, ist ein unbestreitbarer Fortschritt, und Bell ist es schließlich zu verdanken, daß nun endlich die praktische Verwendung des Telephons in großem Maßstab einsetzte (s. Tafel S. 205).

Eine weitere Erfindung, die die sich ständig steigernden Ansprüche der praktischen Telephonie – etwa die erforderliche Lautstärke – erst zu erfüllen gestattete, reifte sozusagen aus der unmittelbaren Arbeit an der Fortentwicklung des Fernsprechers heran: das Mikrophon. Ziemlich gleichzeitig traten drei Erfinder auf den Plan. Im allgemeinen wird die Erfindung des Kontakt-Mikrophons dem Amerikaner David E. Hughes zugeschrieben, der 1878 darauf ein Patent erhielt; Bell machte es sich sogleich zunutze. Zwei Deutsche sind ihm darin aber zuvorgekommen, wenn auch nur um Monate: der Physiker Robert Lüdtge in Berlin (mit DRP vom 12. Januar 1878) und der nach Amerika ausgewanderte Liebhaberelektriker Emil Berliner aus Hannover, der seine Konstruktion schon am 14. April 1877 beim Patentamt in Washington angemeldet hatte. Lüdtge hat sein Mikrophon damals in seinem «Universal-Telephon» verwendet. Hörer und Mikrophone mit Kopfbügel gehen auf das Patent des Amerikaners D. G. Barnard aus dem Jahre 1884 zurück. Emil Berliner ist im übrigen der gleiche findige Kopf, der im Jahre 1889 Edisons Phonographen mit Wachswalze zum Grammophon mit Schallplatten aus Hartgummi umgestaltet hat (s. Tafel S. 205).

In Amerika richtete Bell die erste, fünf englische Meilen lange Telephonlinie am 10. August 1876 zwischen Brantfort und dem Mount Pleasant ein, und am 9. Oktober konnte man schon von Boston nach Cambridge in Massachusetts telephonieren. Weitere Linien folgten schnell.

Die deutsche Postverwaltung ließ sich 1877 zwei Bell-Apparate aus Amerika kommen, mit denen das Berliner Generaltelegraphenamt am 25. Oktober die ersten Versuche durchführte. Am 5. November stellte man in Berlin die erste deutsche Telephonleitung zwischen dem Bureau des Generalpostmeisters Heinrich v. Stephan – er hatte schon am ersten Versuchstag gesagt: «Diesen Tag müssen wir uns merken» – und dem des Generaltelegraphendirektors her, und am 12. November bereits wurde zwischen Rummelsburg und Friedrichsberg bei Berlin die erste deutsche «Telegraphenlinie mit Fernsprecher» eröffnet, «nicht zur Unterhaltung einiger Sensationsbedürftiger, sondern um das wundervolle Instrument vor allem zum praktischen Gebrauch in der Nachrichtenübermittlung dienstbar zu machen», wie das «Archiv für Post und Telegraphie» schrieb. In einer Eingabe an den Reichskanzler Fürst Bismarck vom 9. November 1877 beschrieb Generalpostmeister Stephan die Bellsche Erfindung sowie seine eigenen Versuche und gab zugleich seiner Überzeugung von der «großen Zukunft des Fernsprechers für den menschlichen Verkehr» Ausdruck. Wenige Tage danach ließ sich Bismarck in Varzin den Fernsprecher vorführen. Stephans Vorgehen wurde bahnbrechend für ganz Europa. Die Berliner freilich befreundeten sich nur recht zögernd mit der neuen Einrichtung – am 12. Januar 1881 waren ganze acht Telephone in Betrieb. Aber Ende 1882 gab es im Gebiet der deutschen Reichspost (ohne Bayern und Württemberg) schon 20 Ortsnetze mit 3721 Sprechstellen, und Ende 1905 waren es 21 397 Orte mit Telephonanschluß.

Im Jahre 1889 erhielt der Amerikaner Almon B. Strowger ein Patent auf den Selbstwählbetrieb, in Deutschland die Firma Siemens & Halske 1901 ein DRP auf eine Verbesserung des Strowger'schen Systems. Das Reichspostamt wurde 1898 darauf aufmerksam, als diese Neuerung auf einer Londoner Ausstellung gezeigt wurde. Der Selbstwählbetrieb wurde 1900 versuchsweise bei einem Amt in Berlin eingerichtet. 1905 führte man in Hildesheim ebenfalls Versuche mit einer Selbstwählanlage (für 1200 Teilnehmer) durch, nahm sie aber erst 1908 öffentlich in Betrieb. Ein Jahr darauf erhielt das Amt München-Schwabing mit 6000 Anschlüssen den Selbstwählbetrieb – inzwischen ist das «Fräulein vom Amt» auch schon auf vielen Fernstrecken «ausgeschaltet», seit den dreißiger Jahren laufen die Gespräche über Koaxialkabel zu Hunderten gleichzeitig, und über Länder und Kontinente hinweg telephoniert man heute mit Funk.

AUS DEN ANFÄNGEN DER EISENBAHN: Oben: Lokomotive und Wagen der ersten Eisenbahn Liverpool–Manchester von 1830, kolorierter Stich von H. Pyall aus «Coloured views of the Liverpool and Manchester Railway», London 1833. – Unten: Schnitt durch eine Stephenson-Lokomotive der Patentee-Bauart, Zeichnung von v. Seeger, 1837

N° 2

Laengen Durchschnitt

Erklaerung

g Feuer Kasten
h. Hitz röhren
i Regulator zum Auf und Abschliessen des Dampfes
k Dampf Zuleitungs Rohre
l Klappenbüchse
m Schiebklappe zum Wechsel des Kolbenganges
n Dampfcilinder
o Blasrohr zur Abführung des Dampfes
p Dampf Kolben
q Kurbelstange mit Oelbehälter
r Kiesel der Wasser Pumpe
s Saugrohr der Wasser Pumpe

t Axe des Treibrades
u u Excentrische Scheiben mit Oelbehälter
v Steuerungstangen zur Drehung der
w Vordern Kreutz axe, welche durch einen
x Arm die Schiebklappe hin und her bewegt
y Steuerungs Stangenträger welche gestattet die Steuerungsstangen in Eingriff oder Thätigkeit bringen
z Stoss schrauben Feder mit Fugung
a' Verbindungsbarren mit beweglichen Axenlager für die Treibradaxe.

Hahnen zum Ablassende Kesselwasser

c' Hahnen für den condensirten Dampf
d' mittleres Zugeisen



Der Ausbau des Telegraphenverkehrs war von stärkster Wirkung auf die Entwicklung nicht nur der Nachrichtenübermittlung, sondern auch des Zeitungswesens. Sehr schnell erkannte man bei der Presse, wie notwendig es war, schnell informiert zu sein. Die technisch fortschrittliche «Breslauer Zeitung» beispielsweise benutzte für ihren Nachrichtendienst 1837 den optischen Telegraphen und von 1849 an den elektrischen. Aber mit dem schnellen Hereinholen der Information war es noch nicht getan. Sie mußte auch möglichst schnell an den Mann gebracht werden! Man mußte schneller drucken können, schneller als mit der Handpresse, mit der bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts Zeitungen wie Bücher hergestellt wurden. Technisch gesehen hatte nämlich die alte hölzerne Gutenbergpresse bis zu diesem Zeitpunkt ihre Gestalt kaum verändert. Die Verbesserungen, die Willem Janszoon Blaew zu Alkmar mit seiner federnden Platte unter der sogenannten Brücke 1620 ersonnen hatte, erleichterten wohl die Arbeit, beschleunigten sie aber nicht. Und rund 300 Jahre dauerte es, bis man beim Bau der Druckpressen vom Holz wegkam: Erst 1772 hören wir aus der alten Buchdruckerstadt Basel, daß die Presse des Schriftgießers Wilhelm Haas ein gußeisernes Gestell besaß, das auf einem massiven Steinblock angeschraubt war. Mit Wilhelm Haas und seinem Sohn, der ebenfalls Wilhelm hieß, beginnt die zunehmende Verwendung von Eisen. Einen vollen Erfolg damit hatte jedoch erst Charles Earl of Stanhope in London, der 1787 mit Hilfe des Technikers Robert Walker die eiserne Presse schuf. Diese ermöglichte selbst bei sehr großen Formen nicht nur den Druck mit einer Hand und in einem Zug, sie erleichterte und beschleunigte auch die Arbeit des Druckens. Vor allem aber wurde sie der Ausgangspunkt für weitere Verbesserungen, und von ihr führte schließlich auch der Weg zur Schnellpresse, die durch Dampfkraft angetrieben wurde. Diese ist in erster Linie das Werk von Friedrich Koenig (1774–1833).

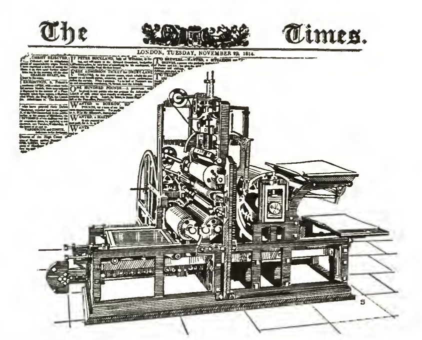
Im Jahre 1790 trat Friedrich Koenig bei einem der angesehensten Buchdrucker, bei Johann Gottlieb Immanuel Breitkopf in Leipzig, als Lehrling ein; 1794 wurde er losgesprochen. Bei Breitkopf hatte Koenig die Kunst des Buchdruckens gründlich gelernt, und früh schon hatte er sich wohl Gedanken gemacht, wie man die Arbeit an der Druckpresse erleichtern und beschleunigen könne. Nach seinen eigenen Mitteilungen war dies gegen Ende 1802. Ein Jahr später bereits war er in Suhl mit dem Bau einer solchen Maschine beschäftigt. Dann siedelte er nach Meiningen über. Aber in Deutschland fand er kein Interesse für seine Bestrebungen. So setzte er sich 1807 mit dem englischen Buchdrucker Thomas Bensley in Verbindung, und am 31. März dieses Jahres kam es zwischen beiden zu einem

Abkommen, das die erste Grundlage für den Bau der geplanten Buchdruckmaschine schuf. Koenig ging nach London. Aber auch hier waren zunächst allerlei Schwierigkeiten zu überwinden. Der Besitzer der «Times», John Walter, dem Bensley das Projekt vortrug, zeigte keinerlei Verständnis. Nachdem sich Walter ablehnend gezeigt hatte, gewann Bensley die Buchdrucker George Woodfall und Richard Taylor als Teilhaber; es wurde ein Gesellschaftsvertrag abgeschlossen, in dem erstmals der Name des Mechanikers Andreas Friedrich Bauer genannt wird, auf den im Falle von Koenigs Ableben vor Fertigstellung der Maschine alle Anrechte übertragen werden sollten. Im Jahre 1810 wurde Koenig mit seiner Maschine fertig und erhielt darauf am 29. März 1810 ein britisches Patent. Ein Jahr später wurde auf dieser Maschine zum ersten Male gedruckt. Man behielt zwar noch den bei der Handpresse üblichen ebenen, den «Druck» ausübenden «Tiegel» bei, doch besorgte das Einfärben der Typen ein selbsttätiger Färbeapparat mit zwei Auftragwalzen, und die Maschine wurde durch Dampf bewegt.

Im folgenden Jahre ging Koenig zum Zylinderdruck über: Der Papierbogen wird dabei vom Druckzylinder gegen die sich unter dem Zylinder bewegende Druckform mit den Lettern gepreßt. Diese Anordnung gewährleistete eine größere Beschleunigung der Druckarbeit; bereits am 30. Oktober 1811 erhielt er auf seine neue Maschine ein Patent, deren Bau unter Bauers Oberleitung schnell gefördert wurde. Er konnte sie alsbald großen Zeitungsbesitzern vorführen, und jetzt war Mr. Walter von der «Times» gewonnen. Sofort gab er zwei Doppelmaschinen für sein Blatt in Auftrag. Und am 29. November 1814 erschien die erste Nummer der «Times», die auf der Koenigschen Schnelldruckpresse gedruckt war. Der Leitartikel dieser Ausgabe ist ein bedeutsames Dokument in der Geschichte des Buchdrucks: Die neue mit einer Dampfmaschine betriebene Schnellpresse wurde dem Leser erläutert. Elfhundert Bogen vermochte sie in der Stunde zu drucken! In der Nummer vom 8. Dezember berichtete dann Koenig selbst über den Werdegang seiner Erfindung. Er nahm 1814 ein weiteres Patent auf Verbesserungen, und es gelang ihm 1819, eine Geschwindigkeit bis zu 2000 Abdrucken in der Stunde zu erreichen.

Über einen Kontraktbruch Bensleys erbittert, kehrte Koenig 1817 nach Deutschland zurück; Bauer folgte im Jahr darauf. In dem 1817 erworbenen ehemaligen Kloster Oberzell bei Würzburg entstand die Schnellpressenfabrik «Koenig & Bauer».

Im Jahre 1846 baute dann Richard M. Hoe in New York seine «Blitzpresse», bei der sich der Letternsatz auf einem rotierenden Zylinder befand. Nun war es freilich nicht so ganz einfach, die Lettern auf den Zylinder zu bringen. Doch man hatte ja bereits mindestens seit Ende des


The Times.
LONDON, TUESDAY, NOVEMBER 29, 1814.

Koenigs Schnellpresse und die erste mit ihr gedruckte Nummer der «Times»

18. Jahrhunderts die Stereotypie. Darunter versteht man ein Verfahren, von den Lettern des Schriftsatzes eine negative Matrize herzustellen und von dieser dann mit Schriftmetall wieder positive Abgüsse zu machen, so daß man vom gleichen Satz zu gleicher Zeit mehrfach drucken kann. Schon seit dem frühen 18. Jahrhundert hatten sich zahlreiche Drucker in Holland und Frankreich, in Schottland und Deutschland um ein solches Verfahren bemüht. Zu allgemeiner Verbreitung kam die Stereotypie jedoch erst um 1800 durch den gleichen Charles Earl of Stanhope, der auch die erste eiserne Presse geschaffen hatte. Stanhope arbeitete mit Gipsabgüssen als Matrize; 1829 erfand dann der Lyoner Schriftsetzer Genoux die Stereotypie mit Papiermatrizen. Mit Hilfe solcher Matrizen war es natürlich auch möglich, halbkreisförmige Druckplatten herzustellen, wie sie als erster Hoe auf einem Zylinder anbrachte. Und nichts anderes hatte William Bullock aus Philadelphia getan, der 1863 ein Patent auf die erste brauchbare Rotationspresse zum Buchdruck auf endloses Papier erhielt. Die «New York Sun» war die erste Zeitung, die auf Bullocks Rotationsschnellpresse gedruckt wurde. Bullock lebte nicht lange genug, um seine Maschine noch verbessern zu können: er kam durch einen Unglücksfall

ums Leben, als ihn ein Riemen erfaßte. 1871 verbesserten die Brüder Hoe die Rotationsmaschine, die seitdem immer weiter vervollkommnet wurde und aus dem graphischen Gewerbe nicht mehr wegzudenken ist.

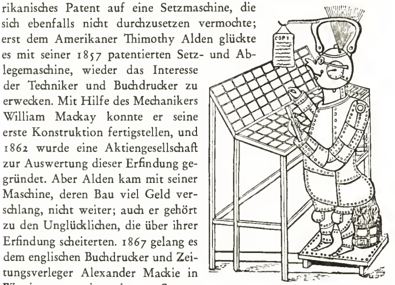
Ehe man drucken kann, muß man setzen, also Gutenbergs bewegliche Lettern Zeile für Zeile im «Winkelhaken» zusammentragen, die Zeilen im «Schiff» aufstellen und schließlich den Satz im Schließrahmen der «Form» für den Druck einschließen. So war es seit Gutenbergs großer Erfindung Jahrhundert um Jahrhundert geblieben, so ist es für Liebhaberdrucke, für Anzeigen und für manch anderes Erzeugnis der Buchdruckerkunst noch heute. Das meiste aber, was wir heute an Gedrucktem lesen, stammt aus der Setzmaschine. Auch der Setzmaschine war eine recht lange Vorgeschichte beschieden, ehe ein genialer Kopf ihr zum Sieg verhalf. Wohl kaum eine andere Erfindung ist so von Fehlschlägen und Enttäuschungen begleitet gewesen wie gerade die Setzmaschine, und viel menschlicher Witz, viel Geld ist an erfolglosen Projekten vertan worden. Erst um die gleiche Zeit, da die Schnellpresse entwickelt wird, beginnen auch die ernstzunehmenden Versuche, an die Stelle des Handsatzes den Maschinensatz treten zu lassen, wobei die Maschine natürlich auch noch schneller und sicherer sein sollte als der Setzer. So hörte Friedrich Koenig in England von einem jungen Mann in Birmingham, der an der Konstruktion einer Setzmaschine arbeite. Koenig freilich wollte damit nichts zu tun haben; er meinte, das sei doch wohl eher eine Aufgabe für Verfertiger von mathematischen Instrumenten. Der «junge Mann» aber war der Ingenieur William Church, der nach 15jähriger Arbeit die erste Setzmaschine der Welt vollendete und darauf 1822 ein englisches Patent erhielt.

Gerade an Churchs Konstruktion wurde es sehr schnell deutlich, wie ungemein schwierig es war, die vielfältigen und unterschiedlichen Hantierungen des Setzers maschinell zu erfassen. Da war zum Beispiel neben all dem, was schon aufgezählt wurde, auch noch das Ausschließen der Zeilen zu bewältigen, das heißt die Aufgabe zu lösen, wie man die durch das Aneinanderreihen der Lettern unterschiedlich lang werdenden Zeilen auf gleichmäßige Breite bringen konnte. Und wenn ausgedruckt war, mußten schließlich auch die Lettern sehr ordentlich Stück für Stück in die Kästen «abgelegt» werden, in denen sie für den nächsten Satz bereitlagen. Churchs Konstruktion jedenfalls versuchte nur das Setzen der Lettern zu mechanisieren; das Ausschließen sollte nach wie vor mit der Hand erfolgen, und vom Ablegen war überhaupt keine Rede.

Churchs Setzmaschine, die einzelne Handsatzlettern maschinell zu Zeilen zusammenschließen sollte, hatte ebensowenig Erfolg wie eine Setzmaschine mit Ausschlußapparat und Ablegemaschine, die 1840 von zwei

Textilfabrikanten, James Hadden Young in London und Adrien Delcambre in Lille, gebaut und in drei Pariser Druckereien praktisch erprobt wurde. Sie mußte von nicht weniger als sieben Personen bedient werden, und zu alledem waren die erzielten Ergebnisse wahrlich nicht befriedigend. Großes Aufsehen erregte 1846 in Wien Ludwig Emanuel Tschuliks Setz- und Ablegemaschine, deren Fertigstellung von dem berühmten Mechaniker Franz Xaver Wurm gefördert worden war; man stellte sie in der Wiener Staatsdruckerei auf. Im Revolutionsjahr 1848 wurde sie jedoch von der empörten Volksmenge zerschlagen; außerdem vernichtete man alle Pläne. Ein Jahr später vollendete nach langjährigem Mühen der dänische Schriftsetzer Christian Sörensen eine kleine Setz- und Ablegemaschine «Tacheotyp», auf die er 1849 ein Privileg erhielt. Sie fand 1851 auf der Londoner Weltausstellung keine Beachtung; auf der Pariser Weltausstellung 1855 jedoch wurde dem Erfinder Anerkennung und Bewunderung zuteil. Die «Tacheotyp» hielt aber nicht, was man sich von ihr versprach. Wenige Jahre später (1861) starb Sörensen in Armut. Seine Konstruktion ist insofern bemerkenswert, als hier zum ersten Mal gezahnte Lettern, die an Messingstangen durch die Maschine geführt wurden, benutzt wurden.

Im Jahre 1853 erhielt William Haslett Mitchell aus Brooklyn ein amerikanisches Patent auf eine Setzmaschine, die sich ebenfalls nicht durchzusetzen vermochte; erst dem Amerikaner Thimothy Alden glückte es mit seiner 1857 patentierten Setz- und Ablegemaschine, wieder das Interesse der Techniker und Buchdrucker zu erwecken. Mit Hilfe des Mechanikers William Mackay konnte er seine erste Konstruktion fertigstellen, und 1862 wurde eine Aktiengesellschaft zur Auswertung dieser Erfindung gegründet. Aber Alden kam mit seiner Maschine, deren Bau viel Geld verschlang, nicht weiter; auch er gehört zu den Unglücklichen, die über ihrer Erfindung scheiterten. 1867 gelang es dem englischen Buchdrucker und Zeitungsverleger Alexander Mackie in Warrington, mit seiner «Steam-Type-Composing-Machine» (Dampf-Typensetzmaschine) Aufsehen zu er-



Der Dampfsetzer, eine Karikatur (1875) auf die vielen Versuche, eine brauchbare Setzmaschine zu schaffen

regen. Sie wurde ihm 1865 patentiert. Mackie hatte sich eine Idee von Werner v. Siemens zunutze gemacht, der einen 1859 von ihm gebauten automatischen Telegraphenapparat vier Jahre später durch ändern der bei der Perforation erzeugten Striche in Doppelpunkte für eine Setzmaschine hatte verwenden wollen.

Einen wesentlichen Fortschritt stellte die Konstruktion von Karl Kastenbein aus Kassel dar; am 6. Juli 1869 erhielt Kastenbein, der in Paris lebte, ein britisches Patent auf seine Maschine. Die Idee stammt aber vermutlich nicht von Kastenbein selbst, sondern von einem brustkranken Schriftsetzer, der in Paris ein Dachstübchen mit ihm teilte; Kastenbein vollendete nur die Konstruktion des Zimmergenossen. Die Maschine fand tatsächlich in mehreren Ländern Verbreitung. Bei Kastenbeins besonderem Gönner, dem Kopenhagener Buchdruckereibesitzer Ferslew, liefen 1881 zehn Setz- und 17 Ablegemaschinen nach dem neuen System Kastenbeins, und auf der Pariser Weltausstellung 1878 war der deutsche Generalpostmeister Heinrich v. Stephan von der Maschine so begeistert, daß er ihre Anschaffung für die Reichsdruckerei in Berlin veranlaßte, wo sie zwei Jahre in Betrieb war. Eine längere Lebensdauer hatte die Kastenbein-Maschine in der Druckerei der «Dresdener Nachrichten»; hier arbeiteten in den Jahren von 1882 bis 1900 fünf solche Setz- und neun Ablegemaschinen.

Ein rechtes Kuriosum hingegen war die ungeheuer komplizierte Maschine von James Paige in Philadelphia. 1872 baute er sein erstes Modell, auf das er im gleichen Jahre ein Patent erhielt; 1887 konnte er das erste fertige Stück vorführen. Dieses wahre Wunderwerk der Feinmechanik enthielt 18000 Einzelteile, und man konnte auf den 109 Tasten neben den Einzellettern Ligaturen und Logotypen setzen, also Buchstabenverbindungen (etwa ft) und ganze Wörter oder Wortteile, die häufig gebraucht wurden. 1894 arbeitete die erste Paige-Maschine in der Druckerei des Chicagoer «Herald». Paiges Patentschrift von 1872 mitsamt ihren Zusatzpatenten ist wohl die umfangreichste, die es überhaupt gibt. Die eigentliche Patentschrift umfaßt 204 Bogen mit Zeichnungen von über 1000 Einzelansichten der Maschine; für den Ausschlußapparat (Zusatzpatent) waren drei Patentschriften eingereicht, die 275 Bogen und 389 Zeichnungen, dazu 123 Bogen mit Teilzeichnungen sowie 613 Bogen mit erläuterndem Text umfaßten! Die unglücklichen Bearbeiter im Washingtoner Patentamt brauchten 8 Jahre zum Prüfen der Patentansprüche. Der Dichter Mark Twain stellte dem Erfinder große Summen zur Verfügung, aber die für die Paige-Maschine ins Leben gerufene Gesellschaft mußte Konkurs anmelden. Kein Wunder: Denn bei einem Verkaufspreis von 15 bis 20 Millionen Dollar war an eine Wirtschaftlichkeit der Maschine nicht zu denken – da war jeder Handsatz ungleich billiger zu haben. Und

außerdem war einzig und allein der Erfinder selbst imstande, die ungemein komplizierte Maschine zu bedienen. Vor allem aber: Ein Jahr, bevor Paiges überkomplizierte und allzu kunstreiche Apparatur betriebsfertig war, lief in New York bereits jene Maschine, mit der nun das Problem des mechanisierten Setzens, Ausschließens und Ablegens ein für allemal gelöst war: Ottmar Mergenthalers Konstruktion, die Linotype.

Ottmar Mergenthaler also war es, dem der entscheidende Schritt zur Schaffung einer wirklich vollendeten Setzmaschine gelang. Er wurde als Sohn eines Lehrers am 1. Mai 1854 im Dorf Hachtel bei Bad Mergentheim geboren und ging 1872 im Alter von 18 Jahren nach den Vereinigten Staaten, wo er in der Maschinenfabrik seines Vetters August Hahl zunächst in Washington dann in Baltimore Arbeit fand. Und in Baltimore kam er zu jener Begegnung, die das Interesse des jungen Mechanikers für das erweckte, was seine Lebensarbeit werden sollte. Ein Erfinder, Charles T. Moore, kam in Hahls Werkstatt mit Plänen einer Schreibmaschine für Lithographie; er brauchte ein Modell. Mergenthaler baute es, und dann konstruierte er auf eine Anregung seines späteren Mitarbeiters James O. Clephane hin eine weitere Maschine, in der ein ganzes Alphabet von Stahltypen auf Bändern fortbewegt wurde, so daß eine Pappmachématrize für ein komplettes Wort und später für eine ganze Zeile auf einmal gegossen werden konnte. Damit war Mergenthaler bereits dem Problem nahe, das ihn fortan beschäftigen sollte. Denn hieraus schöpfte er die Idee, einzelne Metallmatrizen zu verwenden, von denen jede die Gußform für einen einzelnen Buchstaben trug. Von dieser Matrizenprägemaschine ging sein Weg weiter. Weshalb, so sagte sich Mergenthaler, den Umweg über Stahlstempel und Pappmatern nehmen; konnte man nicht gleich Matrizen setzen und davon Lettern und Zeilen gießen? Das war ein ganz neuer Gedanke. Mit großer Zähigkeit machte er sich ans Werk; am 26. Juli 1884 war er mit seiner ersten Matrizensetz- und Gießmaschine fertig. Sie wurde am 3. Juli 1886 im Setzerraum der «New York Tribune» aufgestellt und vorgeführt. Der Verleger dieser Zeitung, Whitelaw Reid, gab ihr den Namen, den Mergenthalers Maschine bis heute führt – «Linotype» –, als er beim Anblick der ersten gegossenen Zeilen begeistert ausrief: «A line of types!» Die Maschine erschien dem Erfinder selbst freilich noch recht unvollkommen, und er ruhte nicht, bis er nach weiteren fünf Jahren die Konstruktion seiner «Simplex-Linotype» vollendet hatte (1889). Das erste auf der Linotype gesetzte Buch war «The Tribune Book of Open Air Sports» aus dem Jahr 1886. In dieses Jahr fällt auch die Gründung der Mergenthaler Printing Co.; die Serienfabrikation begann. Bis zum Februar 1888 waren 50 Maschinen geliefert. 1890 wurde die endgültige Mergenthaler Linotype Co. in

Die amerikanische Patentschrift für Mergenthalers Linotype von 1888

Brooklyn gegründet, 1894 die erste Linotype in Europa in Betrieb genommen, und zwar in Amsterdam. Das löste einen Proteststreik der Setzer aus, so daß das Erscheinen der Zeitung «De Nederlandsche Financier» um fünf Tage verzögert wurde. Von 1897 an eroberte sich die Maschine des genialen Erfinders den Markt in ganz Europa. Viel zu früh – erst 45 Jahre alt – ist Ottmar Mergenthaler am 28. Oktober 1899 in Baltimore an der «Krankheit der Genies», an Tuberkulose, gestorben.

Neben der Linotype hat sich auch die Monotype in der Praxis durchgesetzt, die Einzelbuchstaben-Setz-Gießmaschine, die also Einzellettern statt der Zeilen liefert. Tolbert Lanston, ein vielseitig erfinderischer Kopf, vollendete um 1890 in Washington seinen ersten Tastapparat (Modell A) und konnte 1897 mit seinem Modell C vor die Öffentlichkeit treten. Eine Weiterentwicklung bedeutet die Licht- oder Photosetzmaschine, die den Satz photomechanisch herstellt. Die erste brauchbare dieser Art war (um 1930) die des Ungarn Edmund Uher. Der Intertype-Fotosetter arbeitet wie eine Zeilensetzmaschine.

Die alle vier Jahre auf dem Messegelände in Düsseldorf stattfindende «Drupa» hat sich zu einer imponierenden Leistungsschau des Druckgewerbes der ganzen Welt entwickelt und bietet jeweils einen Überblick über den ständigen technischen Fortschritt dieses Industriezweiges, zu dem Gutenberg einst den Grund gelegt hat.

Am 22. Mai 1803 berichtete der Physiker und romantische Naturphilosoph Johann Wilhelm Ritter – Goethe nannte ihn «eine Erscheinung zum Erstaunen» und «einen wahren Wissenshimmel auf Erden» – in einem Brief an seinen Freund, den dänischen Physiker Hans Christian Oersted (1777–1851), von einer merkwürdigen Entdeckung, die er bei seinem Bemühen, Physik, Philosophie und romantische Spekulationen miteinander zu verknüpfen, gemacht zu haben glaubte: Das Maximum der Schiefe der Ekliptik, der scheinbaren Sonnenbahn also, solle, so meinte Ritter, mit besonders bemerkenswerten Erfindungen und Entdeckungen auf dem Gebiet der Elektrizität zusammenfallen. Ganz im Sinne der spekulativen Naturphilosophie seiner Zeit über die Periodizität im Ablauf geschichtlicher Geschehnisse vermutete Ritter, einer großen Gesetzlichkeit auf die Spur gekommen zu sein. In seinem Brief gab er folgende Tabelle an:

Jahre des Maximums der Schiefe der Ekliptik:

1745 1/3:	Erfindung der Kleistschen Leidener Flasche (Verschiedene)
1764 :	Erfindung des Elektrophors 1764 (Wilcke)
1782 2/3:	Erfindung des Kondensators 1783 (Volta)
1801 1/3:	Erfindung der Voltaischen Säule (Volta)

Dem fügte er noch hinzu: «Du wirst also nicht eher auf eine neue Epoche oder deren Anfang als im Jahre 1819 2/3 oder 1820 zu rechnen haben... Hier ist indes nur von kleineren Perioden die Rede; es gibt größere, und in dieses ihr Maximum fallen besonders die großen Erscheinungen der Kunst.»

Bemerkenswert ist, daß Ritters Prophezeiung haargenau eintraf: Die umwälzende Entdeckung des Elektromagnetismus fiel in die erste Hälfte des Jahres 1820! Oersted konnte nachweisen, daß der galvanische Strom ein magnetisches Feld ausbildet, wie durch die Ablenkung einer Magnetnadel angezeigt werden kann. Damit war der Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus gefunden. Diese Erkenntnis kam freilich nicht aus heiterem Himmel. Eine weitgehende Analogie, ja, die Identität von Magnetismus und Elektrizität war schon längere Zeit eine Annahme der naturphilosophisch spekulierenden Forscher gewesen, mit denen Oersted in Fühlung stand. Auch Ritter hatte sich mit dieser Frage bereits experimentell beschäftigt, ohne jedoch zu greifbaren Resultaten zu gelangen. Und sein Kollege von der Bayerischen Akademie, Julius Konrad v. Yelin, verfocht 1819 die These «Über den Magnetismus und die Elektrizität als identische und Urkräfte», ohne freilich exakte Beweise vorbringen zu

können. Er schickte seine Abhandlung auch an Oersted, was diesen vielleicht veranlaßt hat, bereits früher angestellte Versuche wieder aufzunehmen.

Obwohl also der Gedanke bereits lebendig war, erregte es dennoch in der gelehrten Welt außerordentliches Aufsehen, als Oersted unter dem 21. Juli 1820 an zahlreiche Akademien, gelehrte Gesellschaften und Fachgenossen eine in lateinischer Sprache verfaßte Ankündigung versandte, in der er in gedrängter Form seine Entdeckung bekanntgab. Die entscheidenden Experimente waren von Oersted etwa im April 1820 in Kopenhagen vorgenommen worden. Die Pole einer starken Voltaischen Säule hatte er mit einem dünnen Platindraht verbunden, der unter Strom zu glühen begann, und diesen Draht hatte er horizontal so über einer gewöhnlichen Magnetnadel angeordnet, daß der Draht der Nadel parallel lief. Wenn der Draht glühte, schlug die Magnetnadel aus. Im Juli 1820 setzte Oersted seine Versuche mit einer stärkeren Batterie fort, und nun stellte er fest, daß die Nadel durch den elektrischen Strom abgelenkt wurde, verschieden je nach Richtung und Stärke des Stromes und je nach dem Pol der Nadel. Der Draht brauchte dazu gar nicht zu glühen. Oersteds in schlechtem Gelehrtenlatein geschriebene Ankündigung veranlaßte übrigens den ihm befreundeten Mineralogen Christian Samuel Weiß zu einer witzigen Kritik, die er seinem Glückwunschschreiben beifügte: «Aber wie hast du können deine Ankündigung in einem so verruchten Latein schreiben und drucken lassen. Warum nicht deutsch und französisch! oder wenigstens einem menschlichen Latein?»

Eine ganze Reihe von Physikern, Ärzten und Liebhaberforschern bemächtigte sich sofort mit großer Leidenschaft der Entdeckung: Alle Welt experimentierte. «Man kann den damaligen allgemein erregten Enthusiasmus füglich demjenigen vergleichen, welcher sich äußerte, als die ersten aerostatischen Maschinen ein bis dahin für unmöglich gehaltenes Problem lösten», sagte Georg Wilhelm Muncke im Jahre 1827. Im übrigen wurde damals Oersteds Entdeckung ziemlich allgemein für ein glückliches Zufallsergebnis gehalten, obwohl Oersted dem entgegentrat und sein planmäßiges Vorgehen betonte.

Noch im selben Jahre entdeckten Dominique François Jean Arago und Louis Joseph Gay-Lussac in Paris, daß Eisen unter der Einwirkung des elektrischen Stromes magnetische Eigenschaften zeigt: Sie stellten den ersten Elektromagneten her, indem sie eine Stahlnadel in eine stromdurchflossene Drahtspirale einführten. An demselben Tage wie Arago veröffentlichte André Marie Ampère seine elektrodynamischen Grundgesetze für die Wirkungen des elektrischen Stromes auf die Magnetnadel. Und etwa zur gleichen Zeit konnte Johann Salomo Christoph Schweigger

in Halle nachweisen, daß man eine verstärkte Wirkung des Stromes auf eine Magnetnadel erzielen kann, wenn man den Leitungsdraht ein oder mehrere Male um die Nadel herumführt: Auf diese Weise entstand der Schweiggersche «Multiplikator».

Strom erzeugt Magnetismus – diese Tatsache stand also fest. Ganz selbstverständlich mußte sich daraus die Frage ergeben, ob Magnetismus auch Strom erzeugen könne. Um die Lösung dieses Problems hat ein Mann, Michael Faraday, lange Jahre gerungen. Man erzählt sich, er habe stets einen kleinen Magneten und ein Stück Kupferdraht bei sich getragen, damit er immer an die Lösung seines Problems zu denken gezwungen sei. Das Jahr 1831 endlich brachte die Lösung: In einer Drahtspirale, die man quer durch den Wirkungsbereich – Faraday schuf dafür den Begriff «Feld» – eines Magneten bewegt, wird ein Strom erzeugt, «induziert». Derselbe Induktionsstrom entsteht, wenn der Draht ruht und das Magnetfeld an ihm vorbeibewegt wird. Auf dieser Entdeckung der elektromagnetischen Induktion beruhen Dynamo und Elektromotor; wir mögen unser Licht einschalten, den Rundfunk ertönen lassen, in der elektrischen Bahn fahren, immer benutzen wir Faradays Induktionsstrom.

Am 22. September 1791 wurde Michael Faraday als Sohn eines armen Hufschmiedes in Newington Buts bei London geboren. In äußerst ärmlichen Verhältnissen wuchs er auf, seine Schulbildung war mehr als dürftig. Mit zwölf Jahren wurde Michael Laufbursche in einer Buchhandlung und verdiente sein kärgliches Geld mit Austragen von Zeitungen. Vierzehn Jahre alt wurde er Buchbinderlehrling. Der schmächtige Junge war von einem unstillbaren Wissenshunger erfüllt; alles, was ihm an Büchern unter die Hände kam, verschlang er geradezu. Vor allem die Naturwissenschaften, die damals einen mächtigen Aufschwung nahmen, hatten es ihm angetan. In den wenigen freien Stunden, die die Arbeit ihm ließ, bastelte er sich selbst Apparate zusammen, versuchte die Experimente, von denen er mit brennenden Wangen gelesen hatte, nachzumachen. Er besuchte volkstümliche Abendvorlesungen, Vorläufer der heutigen Volkshochschulen, und erweiterte hier sein Wissen in Physik, Chemie und Astronomie. Mit wahrhaft heiligem Ernst benutzte er jede Gelegenheit, seine Bildung zu vervollkommnen, gründete zum Zwecke der gegenseitigen Förderung eine «Philosophische Gemeinschaft» junger Leute, übte sich im Gebrauch einer gewählten Sprache durch lange Briefe an seine Freunde und nahm Unterricht in Rhetorik. Sein sehnlichster Wunsch war es, einmal selbst an den Stätten der von ihm so heiß geliebten und hoch verehrten Wissenschaft wirken zu dürfen. Nicht ein glücklicher Zufall, sondern sein hingebender Fleiß brachte ihm die Frucht seiner Mühen. Er hatte eine Vorlesung des

bedeutenden Chemikers Sir Humphry Davy besucht, der selbst ebenfalls ein Selfmademan war: Vom armen Chirurgenlehrling hatte er sich zum Baronet und zum Professor an der Royal Institution emporgearbeitet. Davy war der Entdecker der Elemente Kalium, Kalzium, Strontium, Barium und Magnesium, des elektrischen Lichtbogens und einer der Erfinder der Sicherheitsgrubenlampe. Voller Begeisterung hatte der zweiundzwanzigjährige Faraday eine äußerst sorgfältige, mit eigenhändigen Zeichnungen illustrierte Niederschrift von Davys Vortrag angefertigt und sie ihm mit der Bitte übersandt, in seinem Laboratorium arbeiten zu dürfen. Davy mag an seine eigene Entwicklung gedacht haben, als er des Buchbinders Arbeit durchsah. Er stellte den überglücklichen Faraday ein, zunächst als Laboranten und Diener, nahm ihn auf seine Reisen mit, zog ihn aber auch bald zu wissenschaftlichen Arbeiten heran. Faraday machte geradezu erstaunliche Fortschritte; bald schrieb er wissenschaftliche Berichte, und schon drei Jahre später, im Jahre 1816, konnte er seine erste Vorlesung halten. Michael Faraday hatte sein Ziel erreicht.

War Davy ein glänzender Experimentator, so wurde Faraday der «größte Experimentator seiner Epoche» (so nannte ihn Karl Philipp von Martius). Zunächst arbeitete er mit Davy über Fragen der Elektrochemie und über Eisenlegierungen. Im Jahre 1823 gelang ihm die Verflüssigung von Chlor und Kohlensäure, drei Jahre später die Darstellung von Benzol und Butylen. Seit dem Jahre 1820 hatte er sich immer wieder mit dem Elektromagnetismus beschäftigt. Eine Zusammenstellung aller bisherigen Forschungsergebnisse gab den Anlaß zu seiner ersten großen Entdeckung auf diesem Gebiet, der Entdeckung der Rotation eines Stromes um einen Magneten und der eines Magneten um einen Strom. Im Jahre 1827 wurde Faraday Davys Nachfolger als Professor der Chemie, als dieser, inzwischen Präsident der Royal Society, aus gesundheitlichen Gründen nach dem Süden ging. Seit 1829 war er auch Lehrer an der Militärakademie in Woolwich.

Ampère hatte schon 1821 die Ablenkung einer Stromschleife im Magnetfeld festgestellt, war aber dieser Erscheinung nicht weiter nachgegangen, die im übrigen auch nicht unbestritten blieb. 1825 entwickelte der Physiklehrer William Sturgeon in England den Schweiggerschen Multiplikator zum Elektromagneten weiter, indem er ein Stück Rundeisen, das in Hufeisenform gebogen war, mit 18 Windungen aus starkem blankem Kupferdraht bewickelte. Dieser Elektromagnet vermochte das Zwanzigfache seines Gewichtes zu tragen. Alle diese Versuche stellen gewissermaßen das Vorspiel zu dem entscheidenden Schritt Faradays dar, der erst 1831, nach mehrjährigen früheren Versuchen, wieder zur Aufnahme seiner Experimente kam. Elektrischen Strom erzeugte Faraday, indem er eine Draht-

schleife im Feld eines Magneten bewegte, also eine Umkehrung des Oerstedschen Versuches vornahm. Dabei arbeitete er bereits mit einem geschlossenen Weicheisenring, der mit zwei voneinander getrennten Wicklungen versehen war, so daß seine Anordnung grundsätzlich mit dem heutigen Transformator übereinstimmt. Der Tag dieser folgenreichen Entdeckung ist der 29. August 1831. Faraday setzte seine Versuche fort und konnte bereits am 24. November desselben Jahres der Royal Society einen Bericht über die erste Reihe seiner Experimente zur elektromagnetischen Induktion vorlegen; am 12. Januar 1832 folgte eine weitere Mitteilung. Außerhalb Englands wurden diese ausführlichen Berichte schnell bekannt und fanden sofort die gebührende Beachtung.

Ein Jahr darauf veröffentlichte Faraday als Ergebnis seiner Studien über die elektrische Leitung in Lösungen die nach ihm benannten Gesetze der Elektrolyse. Die Begriffe Ion, Elektrode, Anode, Kathode stammen von ihm. Trotz verlockender Lehraufträge blieb er der Royal Institution, in der er groß geworden war, treu; eine staatliche Pension sicherte ihm zudem die Möglichkeit sorglosen Schaffens. Jetzt aber rächten sich die durchwachten Nächte seiner Jugend und die fieberhafte Arbeit der Forscherjahre. Er erlebt voller Schrecken ein allmähliches Nachlassen der Geisteskräfte, das Gedächtnis versagte, lange Pausen mußte er in seiner schöpferischen Tätigkeit eintreten lassen. Aber der Wille ist stärker als der Körper: Immer wieder gelingt es ihm, sich aufzuraffen. Im Jahre 1844 entdeckt er die Erscheinungen des Para- und des Diamagnetismus mit dem Ergebnis, daß nicht nur Eisen und Nickel, sondern praktisch alle Stoffe irgendwie magnetisch reagieren, ein Jahr später den «Faradayeffekt», die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes im magnetischen Feld und damit den ersten Zusammenhang zwischen Licht und Elektrizität.

Die Ergebnisse seiner Experimente brachten Faraday völlig neue Einsichten über den Einfluß des umgebenden Mediums auf die elektrischen und magnetischen Vorgänge. Der große, unermüdliche Experimentator, der rein gefühlsmäßig arbeitete und sich eigentlich nie um die theoretische Behandlung und Ausdeutung der beobachteten Erscheinungen gekümmert hatte, wurde zum Begründer einer weltumwälzenden Theorie, deren volle Bedeutung wir erst heute zu überschauen vermögen. Newton hatte das Gesetz der Schwerkraft gefunden, hatte gezeigt, daß die Anziehungskraft zwischen zwei Körpern lediglich von ihrer Masse und ihrer Entfernung abhängt. Wie die Gravitation allerdings durch den leeren Raum hindurch wirkt, darüber hatte Newton nichts gesagt. Allerlei Theorien hatten die Forscher sich über diese «Fernwirkung» ausgedacht, von denen keine befriedigen konnte. Coulomb hatte die Wirkung elektrisch geladener

Körper aufeinander untersucht. Das Gesetz, das er dafür fand, hatte genau die gleiche mathematische Form wie Newtons Gesetz: Die Kraft zwischen den beiden Körpern hängt von ihrer elektrischen Ladung und ihrer Entfernung ab. Das gleiche Ergebnis führte zur gleichen Frage: Wie wirkt die Kraft durch den Raum hindurch? Faraday verbannte alle Fernwirkungsvorstellungen aus der Physik und schuf die Anschauung von der Nahewirkung, den Begriff des Feldes, die Vorstellung nämlich, daß bei der Wirkung zweier entfernter Körper aufeinander, sei sie eine solche der Elektrizität, des Magnetismus oder der Schwere, der Raum zwischen den beiden Körpern die Wirkung überträgt, indem er selbst dabei seinen Zustand verändert. Dieses Feld, den «eigentümlichen Spannungszustand des Raumes, der eine gewisse Energie besitzt und auf geeignete Körper Kräfte ausüben kann», kennen wir vom Magneten her, der durch seine bloße Gegenwart den Raum um sich so beeinflußt, daß die Eisenfeilspäne auf dem Papier über dem Magneten sich in bestimmten Linien anordnen. Faradays Lehre vom Feld gab der Physik ein vollständig neues Mittel zur Deutung des Naturgeschehens in die Hand. Was Faraday, weit seiner Zeit voraus, ahnte, daß Licht, Wärme und Elektrizität Äußerungen einer und derselben Naturkraft seien, jener Gedanke, der schon bei Goethe und Ritter angedeutet ist, fand in Maxwells Gleichungen, in der elektromagnetischen Lichttheorie seinen gültigen mathematischen Ausdruck.

Michael Faraday war ein genialer Experimentator, ein weltbewegender Denker, ein Meister des wissenschaftlichen Stils, dessen Schriften sich durch größte Klarheit bei einfachster Darstellungsweise auszeichnen, ein hervorragender Redner. Und alles war er geworden durch seinen eigenen Fleiß, durch unermüdliche Hingabe an die Erforschung der Wahrheit. Sie galt ihm alles, nie konnten ihn materielle Vorteile von diesem Ideal abbringen. Im Alter mußte er dafür den bitteren Preis der Erschöpfung zahlen, den er mit der Würde seiner ruhigen, ausgeglichenen Persönlichkeit auf sich nahm. Rührend zu sehen die von ihm selbst, dem einstigen Buchbindergesellen, sorgfältig eingebundenen Notizzettel, denen er alles Gesehene und Gehörte anvertraute, weil sein Gedächtnis ihn immer mehr im Stich ließ.

Die Begeisterung für die Natur und ihre Geheimnisse, die er selbst als Jüngling aus allgemeinverständlichen Schriften empfangen hatte, gab er weiter: Seine «Naturgeschichte einer Kerze», ein klassisches Werk populärer Naturwissenschaft, ist heute noch so jugendfrisch wie im Jahre ihres Erscheinens 1862.

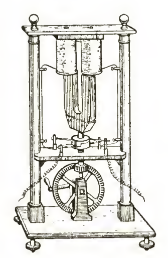
Am 25. August 1867 starb Michael Faraday in Hamptoncourt, still, wie er gelebt hatte. Wissenschaft und Technik ehrten sein Andenken, indem sie die Einheit der Kapazität, die den Zusammenhang zwischen Ladung

und Spannung angibt, nach ihm «Farad» benannten. Auf den Grundlagen, die sein Forschen, sein schöpferischer Geist geschaffen, steht das gewaltige Gebäude der modernen Elektrotechnik, stehen Wechselstrom-, Starkstrom- und Funktechnik ebenso wie die kühnen Konstruktionen der theoretischen Physik, die heute versucht, Gravitation und Elektromagnetismus auf einen Nenner zu bringen, den des Feldes.

Die von Faraday erforschten Induktionserscheinungen mit der gesamten übrigen Elektrodynamik zu verknüpfen gelang als ersten dem in St. Petersburg wirkenden Physiker Heinrich Friedrich Emil Lenz sowie dem Schotten William Ritchie, der an dem Problem arbeitete, ein gemeinsames Gesetz für die magnetelektrischen und die elektromagnetischen Erscheinungen zu finden.

Die ersten «elektromagnetischen Maschinen» waren Demonstrationsapparate der gleichen Art, wie sie ursprünglich von Faraday gebaut worden waren. Im Jahre 1832 entwickelte Hippolyte Pixii, ein Pariser Instrumentenmacher, der auch für Ampère arbeitete, die erste Gleichstrommaschine; noch im gleichen Jahre zeigte Ampère der Pariser Akademie eine verbesserte Maschine von Pixii, bei welcher der Stahlmagnet gedreht wurde. Sie besaß einen Anker mit 4000 Windungen und einen Dauermagneten mit 100 kg Tragkraft. Die zu derselben Zeit gebaute Maschine von W. Ritchie in Edinburgh unterschied sich dadurch, daß er den Anker beweglich machte, während der Magnet feststand. Das gleiche gilt von der Joseph Saxtons (1834). Von Emil Stöhrer in Leipzig rührt eine weitere Verbesserung durch den sogenannten Kommutator, der einen konstanten Strom gewährleistete.

Bis etwa 1840 hatte man jedoch keine Aufgaben für solche Maschinen. Der erste, der in Europa eine praktische Anwendung versuchte, war der russische Staatsrat, Akademiker und Professor Moritz Hermann v. Jacobi, der 1838 auf der Newa bei St. Petersburg mit einem seit 1834 entwickelten Elektromotor ein Boot antrieb. Dieser Motor bestand aus 8 drahtbewickelten Eisenkernen, von denen je zwei durch ein eisernes Joch zu einem Hufeisenmagneten verbunden waren. Jacobis Boot, das 12–14 Personen fassen konnte, erreichte eine Geschwindigkeit von



Pixiis von Hand zu betreibende elektromagnetische Maschine von 1832

4 km in der Stunde, und der Motor, mit einer Batterie von 64 Platin-Zink-Elementen ausgestattet, entwickelte eine Leistung von $^3/_4$ bis 1 PS. Aber an eine wirtschaftliche Ausnutzung war nicht zu denken: es war nicht mehr als eine Spielerei – immerhin aber ein Anfang.

In Amerika kam Thomas Davenport, ein Schmied aus Vermont, den europäischen Erfindern um ein weniges zuvor. Als er 1831 die Vorführung eines Elektromagneten durch den amerikanischen Physikprofessor Joseph Henry sah, erfaßte ihn der Ehrgeiz, eine elektromagnetische Maschine zu bauen. Und was er dann 1834 zustande brachte, besaß in der Tat alle wesentlichen Merkmale eines Elektromotors. Ja, er baute sogar ein Wägelchen, um zu zeigen, was sein Motor leisten könne, auf den er 1837 ein Patent erhielt. Aber Davenport war ein armer Schlucker, der alles Geld, das er erübrigen konnte, in seine Erfindung steckte. Er fand auch keinerlei finanzielle Unterstützung, so daß seine Arbeit erfolglos blieb.

In Deutschland beschäftigte sich der Frankfurter Mechaniker Johann Philipp Wagner, der Erfinder des «Wagnerschen Hammers» (eines Stromunterbrechers am Induktionsapparat), seit 1836 mit dem Problem einer elektrischen Betriebsmaschine und erhielt für seine Konstruktion 1840 vom Senat der Freien Stadt Frankfurt ein Privileg auf fünfzig Jahre. Im Sommer 1838 setzte Wagner seinen Elektromotor auf einen kleinen Wagen, der einen mit 5 kg belasteten Anhänger ziehen konnte. 1841 ließ sich der Deutsche Bundestag dazu bestimmen, die Erfindung zu unterstützen, allerdings unter der Bedingung, daß Wagner in einer bestimmten Zeit auf eigene Kosten eine elektrische Maschine von der Größe bauen müsse, wie sie für eine elektrisch betriebene Lokomotive erforderlich sei. 1844 hatte Wagner seine Maschine für eine Probefahrt fertiggestellt. Hierbei ging sie jedoch in Trümmer, und die Gutachter beschränkten sich darauf, Wagners Fleiß anzuerkennen.

Noch viele andere Versuche wurden um diese Zeit unternommen, alle mit dem Ziel, Elektromotoren zu entwickeln und betriebsreif zu machen. Allein in England wurden zwischen 1837 und 1866 nicht weniger als rund 100 Patente auf elektromagnetische Maschinen genommen, von denen jedoch keine praktische Bedeutung zu erlangen vermochte.

Immer wieder hat man versucht, zu einem durchschlagenden Erfolg zu kommen, indem man die Anzahl der Spulen und Magnete vermehrte; aber auch diese Konstruktionen hielten nicht, was man erhoffte. Die Stahlmagnete waren viel zu groß im Verhältnis zu ihrer Stärke, und ersetzte man sie durch kräftigere Elektromagnete, so bedurfte man wieder einer besonderen Stromquelle. So viel man auch änderte und verbesserte – man kam nicht vorwärts. Da fand ein deutscher Erfinder, Werner Siemens, den Weg, der die Elektrizität zur Weltmacht führen sollte. Fast genau ein

Jahrhundert nach der Erfindung der Dampfmaschine, im Jahre 1867, gelang ihm die Pioniertat der Aufdeckung des «dynamoelektrischen Prinzips».

Der Name Siemens ist uns schon in dem Abschnitt über die Telegraphie begegnet. Hier nun, wo wir Siemens' größte Leistung behandeln, sei das Wichtigste aus seinem Leben und Schaffen erzählt. Ernst Werner Siemens wurde am 13. Dezember 1816 auf dem Gut Lenthe bei Hannover als viertes von vierzehn Kindern geboren. In Mecklenburg, wo der Vater im Jahre 1823 eine Domäne pachtete, verlebt er, kindlich unbekümmert um die schweren wirtschaftlichen Sorgen der Familie, eine glückliche Jugend. Früh schon fesseln ihn Mathematik, Physik und Chemie, während ihm die alten Sprachen, die er auf dem Katharinengymnasium zu Lübeck zu erlernen hatte, wenig Freude machen. So entscheidet er sich, als die Frage der Berufswahl an ihn herantritt, für einen Beruf, der ihm die Beschäftigung mit den geliebten Naturwissenschaften ermöglichen soll. Techniker will er werden. Dazu aber muß man die Berliner Bau-Akademie besuchen, und diese Ausbildung ist für die Eltern zu teuer. Als einziger Ausweg bleibt die Laufbahn im Ingenieurkorps des Heeres. Im Herbst 1834 tritt er in die preußische Artillerie ein. Die technische Seite seines neuen Berufes packt ihn, und schon ein Jahr später wird er auf die Ingenieur- und Artillerie-Schule nach Berlin kommandiert, wo er drei glückliche Jahre verlebt, voll froher Kameradschaft und ernster wissenschaftlicher Ausbildung unter hervorragenden Lehrern, unter ihnen der Physiker Gustav Magnus und – als Mathematiklehrer – Martin Ohm, dessen Bruder Georg Simon im Jahre 1827 sein Grundgesetz der Elektrizität veröffentlicht hatte.

Im Herbst 1840 wird Werner Siemens nach Magdeburg versetzt. Wenige Zeit vorher waren kurz hintereinander die Eltern gestorben. Voll hingebender Liebe und in hohem Pflichtbewußtsein übernimmt der junge Offizier die Fürsorge für die noch nicht mündigen Geschwister; seinen Bruder Wilhelm holt er zur Ausbildung als Kaufmann in seine Garnison und widmet ihm fast seine ganze Freizeit. Bruder Wilhelm hilft aber auch bei den mannigfachen Versuchen, die Werner aus Freude an der Wissenschaft und in dem ernsten Bestreben unternimmt, eine Erwerbsquelle zur Unterstützung der Geschwister zu finden. Damals gelingt ihm die erste Erfindung, ein Verfahren, nach dem man Gegenstände auf elektrischem Wege vergolden und versilbern konnte. Aus der ersten Freude über diesen Erfolg heraus glaubt Werner Siemens, in einer «Jagd nach Erfindungen» den Weg gefunden zu haben, um die Mittel für die Erziehung der Geschwister beschaffen zu können. Trotz mancher Erfolge gerät er aber in eine schwierige wirtschaftliche Lage, aus der ihn Bruder Wilhelm glücklicherweise dadurch befreit, daß er die Erfindung der galvanischen Ver-

goldung in England für 1500 Pfund verkauft. «Das war für unsere damaligen Verhältnisse eine kolossale Summe, die unserer Finanznot für einige Zeit ein Ende machte», schreibt er später. Werner Siemens erkennt aber nun die Gefahr der Zersplitterung, die sein ruheloses Suchen nach geldbringenden Erfindungen heraufbeschworen hat; besonnen gibt er die unsystematische Jagd nach Neuem auf und widmet sich ganz der reinen Wissenschaft, wobei seine besondere Liebe elektrischen Versuchen gehört. Er tritt, nach Berlin versetzt, in die von Du Bois Reymond und Helmholtz gegründete Physikalische Gesellschaft ein, und durch sie wird er auch mit dem tüchtigen Mechaniker Johann Georg Halske bekannt, dem er die Ausführung seiner neuen, auf ernster wissenschaftlicher Arbeit beruhenden Erfindung überträgt: Halske baut den ersten Zeigertelegraphen mit Selbstunterbrechung.

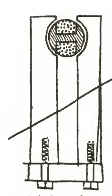
Die sprunghafte, explosive Entwicklung, die die Technik im 19. Jahrhundert nimmt, wird besonders deutlich, wenn man die Steigerung der Geschwindigkeit des Verkehrs und der mit ihr in engem Zusammenhang stehenden Nachrichtenübermittlung betrachtet. Napoleon war noch nicht schneller von Kriegsschauplatz zu Kriegsschauplatz gereist als Caesar, und die Nachricht von der Einnahme der Stadt Paris im Jahre 1814 hatte neun Tage gebraucht, bis sie nach Berlin gelangte. Jetzt aber fuhren Eisenbahnen durchs Land und Dampfschiffe über die Meere, und Gauß und Weber hatten die erste telegraphische Verbindung mit Hilfe des Elektromagnetismus hergestellt und gezeigt, auf welche Weise man den schwerfälligen optischen Telegraphen zu überwinden hatte. So ist es verständlich, daß der Leutnant Werner Siemens, der im Jahre 1846 den ersten sicher arbeitenden und zugleich zweckmäßig konstruierten Zeigertelegraphen erfunden hatte, eine Berufung in die Telegraphenkommission des preußischen Generalstabes nach Berlin erhielt. Ein Jahr später macht er eine neue wichtige Entdekkung, die Isolierung unterirdisch zu verlegender Leitungsdrähte mit Hilfe der eben bekannt gewordenen Guttapercha, die erst den erfolgreichen Ausbau von Telegraphenlinien ermöglicht. Werner Siemens erkennt klar die ungeheure Bedeutung beider Erfindungen für die Zukunft, «falls man sie zum Gemeingut des Volkes macht». Er selbst will es sein, der die Apparate baut und die Linien legt. Am 1. Oktober 1847 wird mit bescheidenen Mitteln im Hause Schöneberger Straße 19 in Berlin die Telegraphenbauanstalt Siemens und Halske gegründet. Schon ein Jahr später kann sie die erste lange Telegraphenlinie Berlin-Frankfurt am Main bauen. Dem ersten Erfolg reihen sich weitere an, und nun läßt sich der Beruf des Offiziers nicht länger mit dem eines Industriellen vereinigen. Werner Siemens nimmt den Abschied vom Militär und widmet sich ganz seinem Werk, der technisch-wirtschaftlichen Vervollkommnung des Telegraphengerätes und

der Ausbildung elektrischer Meßverfahren. Das Geschäft wächst, in Rußland hilft ihm Bruder Karl, in England Wilhelm. Mit der Leitung des Baues der zehntausend Kilometer langen Telegraphenlinie Europa-Indien während der Jahre 1868 bis 1870 bestätigt die Firma – nach Halskes Ausscheiden im Jahre 1867 ein reines Familienunternehmen – ihren Weltruf.



In diesem Haus, Schöneberger Straße 19 in Berlin, gründete Werner Siemens seine Firma

In enger Verbindung von Forschung und Praxis folgte eine ganze Reihe weiterer wichtiger Erfindungen, von denen das Blockgerät für die Streckensicherung der Eisenbahn allbekannt ist. Von größter Bedeutung aber wurde die Erfindung der dynamo-elektrischen Maschine, der «Dynamo», mit der Werner Siemens die Starkstromtechnik begründete. Einen ihrer wichtigsten Bestandteile, den Doppel-T-Anker, hatte er bei seinen Bemühungen um die Verbesserung des Telegraphen bereits im Jahre 1856 erfunden, aber erst elf Jahre später, am 17. Januar 1867, konnte er der Berliner Akademie der Wissenschaften «über die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete» berichten. Es hatte sich herausgestellt, daß es nicht nötig war, zum Erzeugen des Stromes einen besonderen Erreger zu verwenden, sondern gewissermaßen nur ein «bißchen» Strom, um Magnetismus zu erzeugen, mit dem man dann im Elektromagneten einen verstärkten Strom hervorruft. Durch eine ständige Wechselwirkung erreicht man bald eine obere Grenze der Stromerzeugung. Siemens selbst sagt, «daß in den feststehenden Elektromagneten einer passend eingerichteten elektromagnetischen Maschine immer Magnetismus genug zurückbleibt, um durch allmähliche Verstärkung des durch ihn erzeugten Stromes die überraschendsten Wirkungen hervorzubringen». Damit, so schloß er, sind «der Technik ... die Mittel gegeben, elektrische Ströme von unbegrenzter



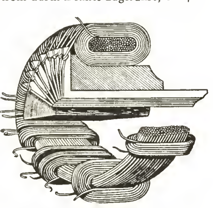
Skizze von Werner Siemens zu seinem Patentgesuch auf den Doppel-T-Anker (1855)

Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft disponibel ist». Siemens übersah die ganze Tragweite dieser Entdeckung von Anfang an in ihrem vollen Umfang: Die nach dem von Siemens genannten dynamo-elektrischen Prinzip arbeitende Maschine gab die Möglichkeit, mechanische Arbeit in elektrische Energie umzuwandeln; eine Maschine jedoch, die elektrische Energie in mechanische Arbeit und Bewegung umsetzt, ein Elektromotor also, konnte, ja mußte in Aufbau und Wirkungsweise vollkommen der Dynamomaschine gleichen, nur eben «in umgekehrter Richtung» arbeiten. Aus dieser Erkenntnis heraus ging Siemens mit der ihm gegebenen Tatkraft und Zähigkeit daran, seine Pläne zu verwirklichen: die Einführung der elektrischen Beleuchtung, der elektrischen Kraftübertragung und die Schaffung elektrischer Bahnen. Gleichzeitig legte er mit seinen wissenschaftlichen Abhandlungen den Grund für die genaue Berechnung elektrischer Maschinen. Noch im gleichen Jahre 1867, in dem Siemens seinen grundlegenden Vortrag vor der Berliner Akademie verlesen ließ, stellte die Firma Siemens & Halske auf der Pariser Weltausstellung eine Dynamomaschine aus, die mit einem Doppel-T-Anker versehen war. Um dieselbe Zeit faßte Siemens bereits den Gedanken, Bahnen elektrisch zu betreiben, und entwickelte auf der Pariser Ausstellung seine dahin gehenden Pläne. Bis zur Verwirklichung sollten allerdings noch 10 Jahre vergehen, denn erst mußten die Kinderkrankheiten der Dynamomaschine überwunden werden.

Neben dem Siemens-Doppel-T-Anker wurde in den ersten Dynamomaschinen auch eine andere Anordnung benutzt, die von Théophile Gramme (1826–1901), Modelltischler der Pariser Alliance-Gesellschaft. Im Jahre 1871 wurde die erste Maschine mit der nach ihm benannten Ringwicklung hergestellt. Grammes Anker für Dynamomaschinen bestand aus einem rotierenden Ring mit vielen Drahtspulen, die um ihn gelegt waren. Im folgenden Jahre erfand jedoch Friedrich v. Hefner-Alteneck, Oberingenieur bei Siemens & Halske, durch Vervollkommnung des Doppel-T-Ankers den Trommelanker, der dem Grammeschen Ringanker überlegen war.

Im Jahre 1878 entwirft Siemens seine erste, noch kleine elektrische Lokomotive (s. Tafel S. 155); ein Jahr darauf wird sie fertiggestellt und auf der Berliner Gewerbeausstellung gezeigt. Eigentlich war sie für den Grubenbetrieb bestimmt, wie ihre Form zeigt. Die Lokomotive zog auf einer Rundbahn von 300 m Länge drei kleine Anhängewagen. Der Motor

hatte eine Leistung von etwa 3 PS, die Fahrtgeschwindigkeit betrug 7 km in der Stunde, die Stromzuführung erfolgte durch hochkant gestellte Flacheisen, die zwischen den Fahrschienen lagen. Am 12. Mai 1881 aber fährt als Frucht unbeirrbaren Ausharrens in einem harten Kampf mit rückständigen und engstirnigen Behörden die erste elektrische Straßenbahn im öffentlichen Verkehr durch den Berliner Vorort Lichterfelde (s. Tafel S. 155). Als Wagen benutzte man einen umgebauten Pferdebahnwagen. Auf der 2,5 km langen Strecke erfolgte die Stromzuführung durch Schienen; bei allen späteren Straßenbahnen aber ging Siemens zum Fahrdraht über: Schon auf der Pariser Weltausstellung des gleichen Jahres zeigte er eine Bahn, die den Strom mittels Kontaktschiffchen von den Leitungsdrähten abnahm. Auch bei der 1882 eröffneten Bahn, die Charlottenburg mit dem Spandauer Bock verband, einem damals beliebten Ausflugsziel mit Brauerei und Biergarten, wurde der Strom durch Drähte zugeführt; 1884 baute Siemens & Halske die Bahn von Frankfurt am Main nach Offenbach (6 km). Im Jahre 1889 führte die Firma mit der Bügel-Stromabnahme eine bedeutende Verbesserung ein.


Grammes Ringwicklung von 1871

Und wenige Jahre nachdem in London (am 18. Dezember 1890) die erste elektrische Untergrundbahn in Betrieb genommen war (s. Taf. S. 156), folgte Siemens & Halske mit der Budapester U-Bahn (1894/1896) und mit der Stammstrecke der Berliner U-Bahn (1896/1902).

Unerschütterliches Durchhalten war Siemens' Lebensgrundsatz, und gefürchtet der Ausbruch seines Zornes, wenn man ihm widersprach. Aber großartig war sein nimmermüdes Forschen, seine geniale Schaffenskraft, seine innere Wahrhaftigkeit, sein idealer Gemeinsinn. Rein kapitalistische Spekulationsobjekte, schrieb er, paßten nicht zu ihm und den Brüdern; sie seien keine Kaufleute, ständen darin jedem gewöhnlichen Geldsack nach. Jedoch sei es «ein eigen Ding mit dem Forschungstriebe, er wirkt wie eine Leidenschaft, überwindet alle Hindernisse und unterdrückt im Paroxysmus alle anderen Interessen. Ein gelungener ... Versuch macht mehr Freude wie Gewinn Hunderttausender.» Beim fündfundzwanzigjährigen Bestehen seiner Firma bestimmte Siemens einen Teil des Jahresgewinnes zu Tantiemen für Beamte und Arbeiter seines zum Weltunternehmen gewordenen Betriebes und legte den Grundstock

zu einer ausgedehnten Alters- und Invalidenversorgung. In klarer Erkenntnis, daß «die nützlichen und brauchbaren Erfindungen nicht das gesuchte, sondern sich selbst aufdrängende Resultat reifer Erfahrungen und rastloser Arbeit auf dem sicheren Boden des Befragens der Natur durch das Experiment, bei Kenntnis ihrer Gesetze, sind», schuf er durch eine hochherzige Stiftung die Physikalisch-Technische Reichsanstalt als «eine Stätte für die experimentelle Förderung der exakten Naturforschung und der Präzisionstechnik». Am deutschen Patentgesetz wirkte er maßgebend mit, und seine letzten Lebensjahre widmete er ganz und gar seiner Liebe zur reinen Forschung und zur Aufzeichnung seiner Lebenserinnerungen. Am 6. Dezember 1892 ist Werner von Siemens zu Charlottenburg gestorben.

Nicht Streben nach Gewinn, nicht Ehrgeiz haben Werner von Siemens getrieben. Äußere Ehrungen haben in reicher Fülle seinen Lebenslauf begleitet. Er wurde im Jahre 1860 Ehrendoktor, im Jahre 1874 als erster Nichtgelehrter Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften, im Jahre 1888 erhielt er den erblichen Adel. Die Wissenschaft ehrte sein Andenken, indem sie der Einheit des elektrischen Leitwertes – der den Kehrwert des elektrischen Widerstandes darstellt – seinen Namen gab. Für Werner von Siemens, in dessen Persönlichkeit sich hohe wissenschaftliche Begabung mit erfinderischem Genie und geschäftlichem Weitblick in seltener Harmonie vereinigt hatten, bedeuteten alle diese Ehrungen wenig. Ihm war das Leben schön, «weil es wesentlich erfolgreiche Mühe und nützliche Arbeit war».

Den von Siemens angelegten ersten Straßenbahnen in den Berliner Vororten folgten bald überall auf der Welt weitere Trambahnen. Pioniere der elektrischen Bahnen in den Vereinigten Staaten von Amerika waren Frank Julian Sprague, dessen Wirken ganz zu Unrecht von dem des «Zauberers von Menlo-Park» Thomas Alva Edison überschattet worden ist, sowie Stephen D. Field. Sprague, 1883 Assistent von Edison, gründete 1884 seine eigene Firma, die «Sprague Electric Railway and Motor Company», und baute als erste größere Anlage in Richmond (Virginia) eine elektrische Straßenbahn mit Oberleitung, die mit Stange und Kontaktrolle als Stromzuführung ausgestattet war.

Bei der Straßenbahn mit Schmalspur blieb es nicht: Ein Jahr vor der Jahrhundertwende, 1899, wurde gemeinsam von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur und von Brown, Boveri & Co. in Baden (Schweiz) die erste elektrische Vollbahn-Lokomotive für die Strecke Burgdorf–Thun gebaut.

Die Erfindung der Dynamomaschine bot aber noch eine weitere umwälzende Möglichkeit: den Ausbau von Starkstromnetzen für die elektrische Kraftübertragung. Den ersten Anstoß zu praktischen Versuchen,

Strom zu übertragen, hat vermutlich Otto Krug von Nidda, der höchste technische Beamte der Preußischen Bergwerksverwaltung, gegeben. Er hatte die Absicht, die Gesteinsbohrmaschine statt wie bisher mit Druckluft nunmehr elektrisch anzutreiben. Das war 1877, und man kann dieses Jahr mit einigem Recht als das Geburtsjahr der elektrischen Kraftübertragung bezeichnen. Werner Siemens schrieb in diesem Jahr an seinen Bruder Wilhelm: «... Lichtmaschinen und Kraftübertragung entwickeln sich jetzt mächtig, und es scheint sich ein großes Geschäft daraus zu entwickeln.» Allerdings verstand man damals unter Kraftübertragung noch nicht, wie heute, die Fernübertragung der in einem Kraftwerk erzeugten Energie, sondern die Kombination eines einzelnen Stromerzeugers mit einem einzelnen, in einiger Entfernung aufgestellten Starkstrom-Elektromotor, der seinerseits eine Kraftmaschine anzutreiben hatte.

In Deutschland kam die Starkstromübertragung im heutigen Sinne im Jahre 1881 in Gang, als die bayerische Regierung den jungen Ingenieurpraktikanten Oskar von Miller nach Paris schickte. Hier hatte Marcel Déprez Vorschläge entwickelt, elektrischen Strom über weitere Entfernungen zu übertragen. Miller sollte sich in Paris über die Aussichten unterrichten, die eine Nutzung der bayerischen Wasserkräfte zur Erzeugung von Elektrizität bot. Wie aus seinem Bericht hervorgeht, erkannte Miller sehr früh, was es für die Industrie bedeuten würde, wenn man Energie auf elektrischem Wege übertragen und verteilen könne. In der Folgezeit widmete er sich ganz dieser Aufgabe.

Noch im gleichen Jahre wohnte Oskar v. Miller anläßlich der Stuttgarter Landesgewerbeausstellung einem Vortrag bei, den der Franzose Marcel Déprez hielt, wobei von Stromübertragung über eine Entfernung von 1800 m die Rede war; Miller setzte sich alsbald mit Déprez in Verbindung, um sein Urteil über den von anderer Seite angezweifelten Gedanken einer Fernübertragung auf etwa 50 km zu hören. Déprez stimmte dem Vorschlag Millers zu, so etwas praktisch zu erproben. So wurden 1882 die ersten von Erfolg gekrönten Versuche unternommen, und zwar zuerst die Elektrizitätsübertragung von Miesbach nach München. Die in Miesbach aufgestellte Dynamomaschine besaß eine Leistung von etwa 2 PS und eine Spannung von 1500 bis 2000 Volt; zur Übertragung der etwa 1,1 Kilowatt auf 57 km Entfernung bis zum Münchner Ausstellungspalast, in dem eine Elektrotechnische Ausstellung stattfand, dienten die vorhandenen Telegraphenleitungen. In der Münchner Halle war ein Motor aufgestellt, der eine Zentrifugalpumpe zum Speisen eines 2 m hohen künstlichen Wasserfalls antrieb (s. Tafel S. 155). Stolz erklärte Oskar v. Miller, daß es nunmehr möglich sei, elektrischen Strom über ganze Provinzen und Länder zu verteilen. Allerdings betrug der Nutzeffekt nur

ganze 22 %, da der Leistungsverlust noch zu groß war. Dennoch schöpfte Déprez aus dem Münchner Erfolg so viel Mut, daß er daranging, seine Kraftübertragungspläne in die Praxis umzusetzen. 1885 konnte er bereits 45 Kilowatt Gleichstrom bei 6000 Volt mit einem Wirkungsgrad von etwa 50 % von Creil nach Paris – das ist fast genau die gleiche Entfernung wie von Miesbach nach München – übertragen. Jetzt beschäftigten sich auch andere mit dieser Aufgabe. Bald gelangte man zu der Erkenntnis, daß zum Überbrücken größerer Entfernungen nicht Gleichstrom, sondern nur Wechselstrom geeignet sei. Mit dieser Stromart wurde zunächst 1884 auf der Turiner Ausstellung ein Versuch unternommen, indem man von Lanzo aus über eine Entfernung von 40 km Elektrizität zu Beleuchtungszwecken übertrug. Doch damals gab es bereits ein wohlfunktionierendes Elektrizitätswerk, allerdings jenseits des großen Teiches, in USA: Edison hatte es gebaut, und auf Seite 291 wird darüber ausführlich berichtet.

Als für 1891 dann auch eine Internationale Elektrotechnische Ausstellung geplant wurde, die in Frankfurt am Main stattfand, machte Oskar v. Miller den Vorschlag, jetzt sei es doch so weit, zu zeigen, was die Elektrotechnik auf dem Gebiet der Kraftübertragung zu leisten imstande sei: Man solle nun einmal in wirklich großem Maßstab elektrische Kraft vom Ort der Erzeugung zum Ort des Verbrauchs übermitteln. Zwei Firmen, die noch heute Weltruf haben, die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) und die Maschinenfabrik Oerlikon, griffen den Vorschlag auf und erklärten sich bereit, eine Übertragung von 235 PS von Lauffen am Neckar nach Frankfurt über eine Entfernung von 175 km vorzunehmen. In Lauffen waren sowohl überschüssige Wasserkraft als auch eine Turbine zur Elektrizitätserzeugung vorhanden, so daß nur eine Leitung gebaut werden mußte. Bis Anfang 1891 waren die endgültigen Einrichtungen, wie Transformatoren und Motoren, fertiggestellt. Das Unternehmen wurde trotz aller dagegen vorgebrachten Bedenken ein voller Erfolg. Ein Wirkungsgrad von 75 % wurde erzielt und damit der Beweis erbracht, daß es möglich ist, große Leistungen auf weite Entfernungen wirtschaftlich zu übertragen. Mit der Leitung Lauffen–Frankfurt am Main hat jene Entwicklung begonnen, die zu den Hochspannungsnetzen geführt hat, wie sie heute alle Länder und Kontinente durchziehen (s. Tafel S. 155).

Bis in die neunziger Jahre stand der Kraftwerksbau fast ausschließlich im Zeichen des Gleichstroms. Nach dem 1891 von Oskar v. Miller durchgeführten Versuch der Kraftübertragung Lauffen–Frankfurt begann man den Bau von Drehstromwerken zu entwickeln. Das erste Berliner Drehstromwerk, das Kraftwerk Moabit (1899), erhielt bereits Maschinen von 1800 und 3200 kW Einzelleistung.

Hier hatte Michael v. Dolivo-Dobrowolsky revolutionierend gewirkt. 1889 erfindet er den Drehstromspanner mit magnetischer Verkettung der drei Phasen und führt zwei Jahre später die Bezeichnung «Drehstrom» ein. 1890 erfindet er den Drehstrommotor mit Schleifringanlasser; 1891 wird der Systemstreit Wechselstrom oder Gleichstrom durch die 175 km lange Drehstrom-Kraftübertragung Lauffen–Frankfurt zugunsten des Wechselstroms entschieden.

Mehr Licht!

Nicht geringes Aufsehen erregte es, als der große Chemiker Humphry Davy (1778–1829) im Jahre 1809 vor der Royal Institution in London mit einer riesigen Volta-Batterie von 2000 Zink-Kupfer-Elementen ein blendendes Licht von bisher ungekannter Stärke erstrahlen ließ, das durch einen Lichtbogen von 4 Zoll Länge zwischen zwei Holzkohlenstäben erzeugt wurde. Das war die erste größere Demonstration des Bogenlichts. Davy hat sich freilich nicht als den Erfinder bezeichnet, und in der Tat hat Etienne Gaspard Robertson (der eigentlich Robert hieß) schon 1802 bei ähnlichen Experimenten beobachtet, daß leuchtende Funken zwischen zwei Kohlen übersprangen. Davys Vorführung hatte zunächst auch keine praktischen Folgen, obwohl mit ihr ja zweifelsohne eine neue Möglichkeit gegeben war, künstliches Licht zu erzeugen. In der Form der Davyschen Anordnung war das Bogenlicht jedoch für die Praxis noch nicht verwendbar, da die Holzkohlen zu rasch verzehrt wurden und ein Nachschieben mit der Hand erfolgen mußte. Die Regulierung war es auch, die später, als man den Lichtbogen technisch nutzte, viel Kopfzerbrechen verursachte.

Bevor das Bogenlicht in die Praxis Eingang finden konnte, mußte man erst brauchbare elektrische Elemente haben, wie sie denn auch um 1840 von John Frederic Daniell, William Robert Grove, Robert Bunsen und anderen geschaffen wurden. Im Jahre 1842 machte der Mechaniker Joseph Deleuil in Paris die ersten Versuche zur Straßenbeleuchtung mit elektrischem Bogenlicht; zwei Jahre danach beleuchtete er die Place de la Concorde mit einem Bogenlichtscheinwerfer, dessen Holzkohle-Elektroden in luftleere Glasglocken eingeschlossen waren, um den Abbrand zu verhindern. 1849 experimentierte Moritz Hermann v. Jacobi in Rußland ebenfalls an einer Beleuchtung mit Bogenlampen. Erfolge waren beiden jedoch nicht beschieden. Auch die von Jean Bernard Léon Foucault 1844 vorgeschlagene härtere Retortenkohle erwies sich als ungeeignet. Erst Reiser und Schmidt erzielten dadurch, daß sie die Kohlenstifte mit Zuckerlösung

und Teer tränkten und dann nochmals ausglühten, eine wesentliche Verbesserung, die später durch Staite weitergeführt wurde. Dieser konstruierte 1845 auch einen mechanischen Regler zum Nachschieben und Auseinanderziehen der Stifte; doch erst die Regelvorrichtung von Henri Adolphe Archereau (1848) wirkte besser und stetiger. Als wirklich brauchbar erwies sich dann schließlich die Konstruktion von Jaspars «Regulator» (1855) und die von Halske (1869). 1861 erhielt Zénobe Théophile Gramme das erste Patent auf das Bogenlicht. Nicht vergessen sei jedoch eine frühe öffentliche Verwendung des Bogenlichts: Bei einer Aufführung von Meyerbeers Oper «Der Prophet» im Pariser Opernhaus anno 1848 wurde im letzten Akt die den Nebel durchbrechende Sonne dadurch dargestellt, daß man das Bogenlicht mit Hilfe eines Zerstreuungsspiegels auf einen durchsichtigen Seidenschirm warf.

Eine erhebliche Vereinfachung gegenüber den bis dahin üblichen Bogenlampen bedeutete die «Kerze» des in Paris lebenden Elektrikers Paul Jablochkoff vom Jahre 1876. Sie bestand aus zwei parallel gestellten Lichtkohlen mit einer Zwischenschicht aus Kaolin. Bei dieser Anordnung brannte der Bogen dauernd ohne Regelvorrichtung. Es konnten auch mehrere Lampen zu einem Stromkreis zusammengeschaltet werden, was erst eine stetige Straßenbeleuchtung ermöglichte. Im Oktober 1877 brannten die ersten Straßenlampen dieser Art in Paris, und 1879 wurde auch der Gesellschaftsraum des Hotel Continental in Paris mit einer Bogenlampe beleuchtet. Bald mußte die Jablochkoffkerze jedoch der Differentialbogenlampe mit selbsttätiger Reguliervorrichtung, einer Konstruktion des Siemensschen Chefingenieurs Friedrich v. Hefner-Alteneck, weichen, auf die dieser 1878 ein Patent erhielt. Und 1877 brachte die Firma Siemens & Co. die Dochtkohle heraus, bei der die Kohlenstäbe mit einem der Länge nach durchgehenden Loch versehen werden, durch das die Dochtmasse eingepreßt wird, die aus feinem, mit geeigneten Lösungen getränktem Kohlenpulver besteht. Damit war eine endgültige und allen Anforderungen genügende Form gefunden, in der die Bogenlampe ihren Siegeszug antrat. Die neue Lampe wurde erstmals 1879 anläßlich der Berliner Gewerbeausstellung gezeigt. 1882 beleuchtete man in Berlin den Potsdamer Platz und die Leipziger Straße bis zur Friedrichstraße mit 36 Differentialbogenlampen. In der Folgezeit wurde diese Art der Straßenbeleuchtung allgemein.

Damals begann auch die elektrische Glühlampe sich langsam in den Häusern und Wohnungen Eingang zu verschaffen. Sie hatte allerdings noch einen schweren Kampf mit der Gasbeleuchtung durchzufechten.

Die elektrische Glühlampe ist wieder ein Beispiel dafür, wie sich eine ganze Reihe erfinderischer Köpfe mit dem gleichen Problem herumge-

schlagen hat, das, nachdem eine längere «Anlaufzeit» vergangen war, nunmehr sozusagen in der Luft lag und für die Lösung reif wurde. Thomas Alva Edison, der schließlich die Siegespalme gewann, ist, wie wir sehen werden, seinen Rivalen – insbesondere dem Engländer Sir Josef Wilson Swan – sozusagen nur um eine Nasenlänge zuvorgekommen. Aber bis dahin war es ein weiter Weg.

Daß man mit elektrischem Strom Licht erzeugen konnte, das hatten schon Robertson und Davy gezeigt. Aber gab es nicht andere Wege als den über den Lichtbogen? Das war die Frage, die sich ein sonst wenig bekannter deutscher Physiker, der Hallenser Professor Johann Ludwig Georg Meinecke, vorlegte. Er suchte – und er fand, wenn auch das, was er fand, keinerlei Auswirkung auf die Praxis haben sollte. Das war im Jahre 1819, und damals schrieb Meinecke in seinem Bericht über seine Versuche die folgenden bemerkenswerten Worte, ohne freilich zu ahnen, wie recht er bekommen sollte: «Wer hätte noch vor wenigen Jahrzehnten es gewagt zu behaupten, daß die philosophische Lampe (die Beleuchtung mit brennendem Wasserstoffgas) im 19. Jahrhundert ganze Straßen und Städte erleuchten würde! Es geschieht schon jetzt, und diese Beleuchtung wird mit Recht für vortrefflich gehalten. Aber ich bin fest überzeugt, daß an die Stelle des Gaslichts noch ein vollkommeneres und wohlfeileres treten wird; ich meine das elektrische Licht.»

Diese zuversichtliche Aussage stützte Meinecke auf Versuche, die er in den letzten Jahren mit Hilfe einer Reibungs-Elektrisiermaschine angestellt hatte. Was der gute Professor in Halle getan hat, läuft auf etwas hinaus, was wir eher als Glimmlicht bezeichnen können, und man wird bei seinen Experimenten an die Luminiszenzerscheinungen der Geißlerröhren erinnert. Meinecke erzeugte mit der in schnelle Rotation versetzten Elektrisiermaschine Funken, die er in einer entsprechend angeordneten Apparatur tausendmal überspringen ließ. Dadurch erhielt er ein Licht, das er selbst mit hellem Mondschein vergleicht; noch verstärkt wurde es, wenn er das Ende der leitenden Kette mit einer luftleer gemachten Glocke verband, in der das Licht zwischen zwei Kugeln von etwa 3 Zoll Entfernung überströmen mußte. In der Mitte des Auditoriums vermochte Professor Meinecke bei diesem Licht kleine Schrift zu lesen. Der geschickte Experimentator stellte auch fest, daß dieses elektrische Licht in verschiedenen Gasarten heller leuchtete. So würden seiner Ansicht nach in Röhren oder Kugeln, die mit Wasserstoffgas gefüllt wären, die Funken mindestens doppelt so hell leuchten. Und wenn man das Gas in den Gefäßen verdünne, so erhalte man zugleich eine Vergrößerung der Schlagweite der Funken und damit eine wesentliche Erhöhung der Lichtstärke. Das waren natürlich nur Laboratoriumsversuche, und Meinecke war sich darüber klar, daß

die Erscheinungen in dieser Form, schon wegen des ständigen Funkengeknatters, praktisch keinen Wert hatten. Er glaubte aber doch, daß die Anlage einer elektrischen Beleuchtung in Glasröhren oder -kugeln mit verdünntem Wasserstoffgas in größerem Maßstabe sich praktisch werde ausführen lassen. Von diesen Überlegungen, die allerdings von seinen Fachgenossen nicht ernst genommen worden sind und keinerlei Verwirklichung gefunden haben, bleibt immerhin der Vorschlag einer Füllung elektrischer Lampen mit verdünntem Gas bemerkenswert.

Der Urtyp der Glühlampe ist jedoch noch älter als Meineckes etwas abseitige Versuche; es ist dies das «Luftthermometer» von Ebenezer Kinnersley aus dem Jahre 1761: Beim Durchgang eines elektrischen Stromes erhitzte sich eine in dem Strom eingeschlossene dünne Harfensaite, und die dabei hervorgerufene Temperaturerhöhung konnte gemessen werden. Wenn man den Strom vergrößerte, führte dies naturgemäß zum Glühen der Drähte, und bei zu starker Entladung der elektrischen Batterie schmolzen sie sogar durch. Diese Beobachtung und dazu das Joulesche Gesetz über die Stromwärme brachten später zahlreiche Forscher auf den Gedanken, glühenden Draht als Lichtquelle zu benutzen. Damit war der Weg zum Erfolg vorgezeichnet: Abschluß der Außenluft, um ein Verbrennen des Drahtes zu verhüten, und Material von möglichst hohem Schmelzpunkt. Bereits die erste Glühlampe, die im Jahre 1840 von William Robert Grove hergestellt wurde, war eine Vakuum-Glühlampe mit Platindrahtspirale. Zwei Jahre vorher hatte Jobard in Brüssel schon den Vorschlag gemacht, das durch einen galvanischen Strom hervorgerufene Glühen von Kohle im luftleeren Raum zur Beleuchtung zu benutzen. Diesen Versuch führte dann auch sein Schüler de Changy 1844 mit einem Retortenkohlenstab aus. Die Konstruktion, auf die Frederico de Moleyn in Cheltenham 1841 ein englisches Patent erhielt, glich der von Grove, und 1845 nahm J. W. Starr aus Cincinnati auf den Namen seines Geschäftsführers Edward Augustin King ein britisches Patent auf eine Glühlampe mit Kohlenstab im Vakuum, die eigentlich nur eine Wiederholung der Konstruktion von de Changy war. Aus dieser Zeit ist eine ganze Reihe ähnlicher Versuche bekannt, aber sie bewährten sich alle nicht: die Brenndauer der verwendeten Platindrähte oder Kohlefäden war nur sehr kurz.

Erst der 1848 nach den USA ausgewanderte Uhrmacher Heinrich Göbel (1818–1893) aus Springe bei Hannover hatte mit einer Kohlenfaden-Glühlampe im Jahre 1854 einen überraschenden Erfolg, überraschend vor allem deswegen, weil er auf Anhieb das richtige Material – eine verkohlte Bambusfaser – benutzte. Erst ein Vierteljahrhundert später sollte Edison nach langem Probieren das gleiche Material als besonders für

Glühfäden geeignet erkennen. Göbel hatte in New York einen bescheidenen Uhrmacherladen eröffnet und experimentierte mit einer großen Batterie aus Zink-Kohle-Elementen auf dem Dach seines Hauses in der Monroestreet. Elektrisches Licht wollte er erzeugen. Aber seine Versuche mit Lichtbögen riefen in der Nachbarschaft großes Ärgernis hervor, so daß sie polizeilich verboten wurden. So galt es, auf andere Weise zum Ziel zu kommen, auch Göbel wandte sich der Herstellung von «lebensfähigen» Glühlampen zu. Ganz primitiv war seine erste Lampe: In eine luftleer gemachte Kölnischwasser-Flasche schmolz er eine verkohlte Bambusfaser ein. Der Faden glühte! Die Lampe leuchtete! Mit Lampen dieser Art illuminierte er das Schaufenster seines Ladens, um Kunden anzulocken, und er verwendete sie auch zur «magischen Beleuchtung» eines kleinen Wagens, mit dem er allabendlich in den Straßen New Yorks umherzog, um einem neugierigen Publikum durch ein selbstgebautes Fernrohr den Sternhimmel zu zeigen. Der Strom für die Lampen wurde von 60 Elementen geliefert, die in zwei Holzkisten ebenfalls auf dem Wagen untergebracht waren. Solange die Batterie frisch war, konnte Göbel daraus zwei oder drei Lampen kurz aufleuchten lassen, während eine einzelne ungefähr eine halbe Stunde brannte. Göbels Glühlampen hatten angeblich eine Brenndauer bis zu 400 Stunden. Seine Versuche erregten seinerzeit großes Aufsehen, gerieten aber bald wieder in Vergessenheit, da er an kaufmännische Ausnutzung seiner Erfindung überhaupt nicht dachte – bis 1893. In diesem Jahr nämlich gewann die «Beacon Vacuum Pump and Electric Company of Boston» in einem Patentstreit den Prozeß gegen «Edison Electric Light Company», indem sie auf die Priorität Göbels hinwies, dem damit noch kurz vor seinem Tode volle Anerkennung zuteil wurde. Der 75jährige erbot sich sogar, vor einem Sachverständigenausschuß nochmals seine Lampen mit den gleichen einfachen Hilfsmitteln wie etwa vier Jahrzehnte zuvor herzustellen und vorzuführen, und das gelang ihm auch mit vollem Erfolg. Unmittelbar danach ist Heinrich Göbel gestorben.

Doch damals brannten schon Glühlampen, damals waren schon Elektrizitätswerke im Betrieb. Wieder einmal hatte etwas «in der Luft gelegen»: Fast gleichzeitig, in den Jahren 1879 und 1880, waren der Engländer Sir Josef Wilson Swan (1828–1914) und der Amerikaner Thomas Alva Edison (1847–1931) in ihrem Bemühen, eine allen Anforderungen genügende Glühlampe zu entwickeln, zum Ziel gekommen. Swan hatte schon 1860 dahin gehende Versuche angestellt, beschäftigte sich aber erst 1877 erneut mit diesem Problem. Er versuchte es ohne Erfolg mit verkohlten Papierstreifen und anderen Stoffen, bis er in dem mit verdünnter Schwefelsäure vorbehandelten verkohlten Baumwollfaden ein geeignetes und hinreichend dauerhaftes Material gefunden hatte. Eine weitere technische Schwierig-

keit, das ausreichende Evakuieren der Glasbirnen, konnte er erst 1879 mit Hilfe der verbesserten Sprengelschen Quecksilberluftpumpe meistern. Aber dann war Swan so weit, daß er in den ersten Tagen des Jahres 1880 der Chemischen Gesellschaft zu Newcastle-on-Tyne eine Glühlampe mit einem glattgespannten Kohlenfaden in Haarnadelform vorzeigen konnte. Später ging er zur Schlingenform über. Diese Lampe hatte einen Stecksockel mit Bajonettverschluß. 1881 wurde in London die «Swan United Electric Ligth Company Ltd.» gegründet, und die Glühlampenproduktion konnte aufgenommen werden.

Inzwischen hatte auch Edison in seinem Laboratorium zu Menlo Park zielstrebig seine langwierigen Versuche, eine brauchbare Glühlampe zu schaffen, zu einem erfolgreichen Abschluß gebracht. Thomas Alva Edison – mit diesem einen Namen lebt der ganze eigenartige Zauber der Technik in der Zeit unserer Großväter auf, und es lohnt sich, des Mannes zu gedenken, dem unser Alltagsleben so vieles verdankt. Am 11. Februar 1847 wurde er in Milan (Ohio) geboren. Schon die Jugend des bedeutendsten Erfinders der USA verlief mehr als ungewöhnlich. Nur drei Monate blieb er in der Volksschule, dann übernahm seine Mutter selbst den Unterricht, und auch später hat er nie wieder eine Schule besucht, sein umfassendes technisches Wissen vielmehr durch unermüdliche Lektüre aller erreichbaren Fachliteratur erworben. Bald begann der Junge im Keller des väterlichen Hauses in Port Huron sich mit einfachen chemischen Versuchen zu beschäftigen. Die Eltern sahen diesem Treiben zwar mit Befremden zu, ließen ihn aber gewähren. Doch seine Versuche verschlangen mehr, als das spärlich zugemessene Taschengeld erlaubte, das ihm der in bescheidenen Verhältnissen lebende Vater geben konnte. Edison brauchte also Geld. So wird er Zeitungsjunge auf der Bahn zwischen Port Huron und Detroit. Bald darauf richtet er sich ein Laboratorium in einem Waggon ein, wodurch der Geldbedarf erst recht wächst. Er druckt deshalb während der Fahrt eine eigene Zeitung, den «Weekly Herald». Die Einnahmen hieraus schaffen ihm eine finanzielle Erleichterung, bis ein Brand dem Traum ein Ende macht.

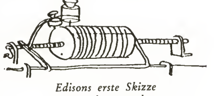
Dieser Bahndienst hat ihm aber eine wichtige Kenntnis gebracht. Er hat gelernt, was ein Telegraph ist und bedeutet. Zuerst lacht man über das Interesse des jungen Burschen. Erst als er im Jahre 1862 das Kind des Stationsvorstehers von Mackenzie vor dem Tode rettet, weiht ihn dieser in die Geheimnisse des Telegraphen ein. Edison begreift schnell. Er sieht aber auch, daß er im Nachrichtendienst eine auskömmliche Existenz finden kann, die ihm genügend Freizeit und Muße für eigene Gedanken läßt. Als neunzehnjähriger Telegraphist geht er nach New York. Ein Unfall während seiner Tätigkeit auf der Bahn, der sein Hörvermögen

sehr verringert, gereicht ihm nun zum Vorteil. Während seine Kollegen durch den Lärm der Apparate bei der Aufnahme gestört werden, hört Edison nur die Signale seines eigenen Gerätes.

Nun entstehen Edisons erste Erfindungen: Der Telegrammwiederholer und der Vierfachtelegraph (1868). Acht Jahre später wird durch seine Erfindung des Kohlemikrophons das Bellsche Fernsprechsystem brauchbar, und im Jahre 1878 gelingt die Erfindung des Phonographen – der «Sprechmaschine», die der Urtyp aller Grammophone, Plattenspieler und Musiktruhen ist.

Die Erfindung des Phonographen allein schon hätte genügt, dem Mann, der danach noch so vieles auf so zahlreichen Gebieten erfinden sollte, Weltruf zu verschaffen. Die Geräusche, welche die eingepreßten Punkte und Striche eines selbsttätigen Telegraphen machen, brachten Edison auf den Gedanken, daß solche Erhöhungen und Vertiefungen, auf einem geeigneten Werkstoff angebracht, Schallwellen, also Töne, erzeugen müßten. An einem Herbstmorgen des Jahres 1877 händigte er seinem Mechaniker John Kruesi die Rohskizze eines Zylinders mit einer Membran und daran befestigter Nadel aus und verlangte die Ausführung. So entstand der erste Phonograph: ein mit Zinnfolie überzogener Hohlzylinder. Wenn Edison in das Mikrophon sprach, dann zeichnete die Nadel die Schallwellen als Rillen von verschiedener Tiefe in die Zinnfolie ein. Das war zunächst eine recht primitive Sprechmaschine, aber sie wiederholte doch einigermaßen lautgetreu einen vorgesprochenen Text wie «Mary hatte ein kleines Lamm». Sie war zugleich das erste Diktaphon. Sein erstes amerikanisches Patent darauf erhielt Edison am 19. 2. 1878 (Nr. 200 521).

Bei der ersten öffentlichen Vorführung des Phonographen vor der Pariser Akademie der Wissenschaften durch den Elektriker Theodore Achille Louis Du Moncel am 11. März 1878 ereignete sich der humorvolle Zwischenfall, daß der allerdings schon recht betagte Mediziner Jean Baptiste Bouillaud entrüstet ausrief, daß hier Betrug im Spiele sei. Es wäre unerhört, die Akademiker durch Bauchrednertricks irrezuführen.



Edisons erste Skizze seines Phonographen

Später wurde die Zinnfolienwalze durch Wachswalzen ersetzt, worauf Graham Bell und Charles Tainter 1886 ein amerikanisches Patent erhielten. Emile Berliner (1851–1929) in Washington verbesserte das Edison-System durch Einführung der rotierenden Scheibe, also der heute üblichen Schallplatte, an Stelle des Wachszylinders, und ließ sich sein Grammophon 1887 in Amerika patentieren (s. Tafel S. 205).

Umwälzend für das Leben aller zivilisierten Menschen aber ist die von Edison im Jahre 1879 erfundene Kohlenfadenlampe geworden. Er scheute mit unbeirrbarer Sicherheit und felsenfestem Vertrauen auf die Tragweite seiner Erfindung keine Unkosten, um der Glühbirne zum Siege zu verhelfen. Auch Edison hatte seine Experimente mit Platindraht, dann mit verkohltem Baumwollfaden und allen möglichen anderen Materialien begonnen. Dreizehn Monate lang hatte er mit seinem Assistenten Charles Bachelor zahlreiche Versuche unternommen. Schließlich stieß er auf das Material, das Göbel intuitiv oder zufällig gleich als das beste erkannt hatte: auf die verkohlte Bambusfaser.

Als Geburtstag der Kohlenfadenglühlampe, noch mit Baumwollfaden, kann der 21. Oktober 1879 gelten. Am 1. Dezember wurde im «New York Herald» von dem glücklichen Erfolg erstmals öffentlich Kenntnis gegeben. Mit welchen Schwierigkeiten Edison zu kämpfen hatte, hat er selbst in einer anschaulichen Schilderung der entscheidenden Versuche dargelegt: «Nachdem wieder manches fehlgeschlagen war, nahmen wir einige Baumwollfäden, verkohlten sie und versuchten, sie in eine Lampe einzusetzen. Die ganze Nacht arbeitete mein Assistent Bachelor an meiner Seite, am anderen Tage auch und die nächste Nacht wieder. Dann war es uns endlich gelungen, aus einer ganzen Garnrolle einen einzigen Kohlenfaden herzustellen. Als wir diesen fertig hatten, war es notwendig, ihn zum Glasbläser hinüberzubringen. Mit der äußersten Vorsicht nahm Bachelor den kostbaren Faden, und ich marschierte hinter ihm drein, als hätte ich einen mächtigen Schatz zu bewahren. Der Faden zerbrach trotzdem unterwegs. So gingen wir denn nach dem Hauptlaboratorium zurück und nahmen die Arbeit aufs neue auf. Es war spät am Nachmittag des zweiten Tages, ehe wir einen neuen Faden hergestellt hatten. Der aber riß in der Glasbläserei wiederum, weil der Schraubenzieher eines Arbeiters darauffiel. Wir kehrten jedoch abermals ins Laboratorium zurück, und noch vor Anbruch der Nacht war wiederum ein neuer Faden fertig und in die Glasbirne eingesetzt. Die Glasbirne wurde ausgepumpt und zugeschmolzen, dann schalteten wir den Strom ein. Die Lampe leuchtete auf. In den ersten erwartungsvollen Minuten maßen wir schnell den Widerstand und fanden alles so, wie wir es brauchten. Dann setzten wir uns nieder und betrachteten unsere Lampe. Wir wollten sehen, wie lange sie wohl brennen würde. Die Aufgabe war gelöst, wenn der Faden aushielt.»

Das war aber nur der erste Schritt auf dem Wege zum Ziel. Denn von dem verkohlten Baumwollfaden war Edison noch keineswegs befriedigt. Er probierte unentwegt weiter, und als er schließlich die Bambusfaser als das beste Material für den Glühfaden erkannt hatte, begann die Jagd

auf Proben verschiedener Herkunft, um zu ermitteln, welche Sorte sich besonders gut bewähre. Edison hat es sich 100000 Dollar kosten lassen, und seine Mitarbeiter mußten zu diesem Zweck weite Orientreisen unternehmen. Die Faser des sogenannten Riesenbambus, der auf Ceylon und in Burma wächst, erwies sich dann endlich als besonders gut geeignet. Mit einer Lampe, die einen Glühfaden aus Riesenbambus hatte, feierte Edison seine ersten Triumphe. Erst zwei Jahrzehnte später kehrte man zum Metalldraht zurück.

Mit der Erfindung der Glühlampe allein aber – das wußte Edison sehr genau – war es noch nicht getan. Die Glühbirne mußte zunächst in großen Mengen und billig hergestellt werden können, damit sie mit anderen Beleuchtungsarten in Wettbewerb treten konnte. Dann galt es aber auch, die nötigen Generatoren zu konstruieren, den Bau von Freileitungen durchzusetzen, das Hausinstallationsmaterial zu entwerfen. Alles mußte völlig neu geschaffen werden, beispielsweise der Schraubsockel, die Fassungen, die Schalter, die Isolatoren und der Elektrizitätszähler. Hierbei wirkte sein Mitarbeiter Leonhard Sigmund Ludwig Bergmann, aus Tennstedt in Thüringen gebürtig, als seine rechte Hand, der dem großen Erfinder zwölf Jahre in Freundschaft verbunden blieb. Es ist derselbe Bergmann, der nach seiner Rückkehr nach Deutschland im Jahre 1891 in Berlin die «Sigmund Bergmann & Co. AG» und 1893 die «Bergmann Elektromotoren- und Dynamowerke AG» gründete. Edison baute die ersten brauchbaren Generatoren mit Antrieb durch Dampfmaschinen. Im Jahre 1879 erstand die «Edison Electric Light Company», aus der später die «General Electric Company» hervorgegangen ist.

Erstmals praktisch angewendet wurde die Edisonlampe im Mai 1881 auf dem Dampfer «Columbia», der mit 350 Glühlampen ausgestattet war. Auf der Weltausstellung zu Paris im gleichen Jahre ließ Edison nicht weniger als 1000 Lampen erstrahlen, die von einer Edison-Dynamomaschine gespeist wurden. Dynamomaschine und Lampen erregten das größte Aufsehen und wurden als wahres Weltwunder angestaunt, während Swan mit der einzigen Lampe, die er ausstellte, begreiflicherweise keine Beachtung fand.

Die erste große Kraftzentrale im Herzen New Yorks, in der Pearl Street, wurde am 4. September 1882 mit sechs Edisonschen «Jumbo»-Generatoren eröffnet; in ihrem Stromlieferungsbezirk waren ein Jahr später bereits etwa 10000 Lampen mit Einzel-Lichtstärken von 8 oder 16 Kerzen angeschlossen (s. Tafel S. 155).

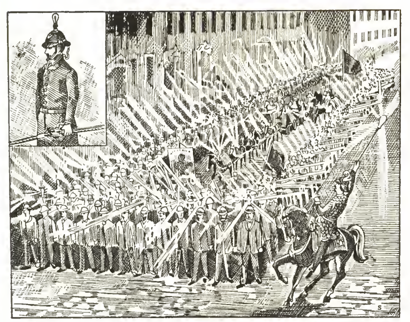
Auch auf die Frage der Speicherung der Elektrizität verwandte Edison viel Arbeit. Nach jahrelangen Versuchen fand er schließlich im Edison-Akkumulator das bisher einzige Gegenstück zum Bleiakkumulator. Eine

befriedigende Lösung des Problems ist freilich weder ihm noch einem späteren Erfinder gelungen und steht noch obenan auf der Liste der technischen Zukunftswünsche. Edison entfaltete aber auch außer der Elektrotechnik auf vielen anderen Gebieten eine äußerst fruchtbare Tätigkeit. So erfand er im Jahre 1889 den Filmaufnahmeapparat – er nannte ihn «Kinematograph» –, dem vier Jahre später unter dem Namen «Vitaskop» der Projektionsapparat folgte. An der Schreibmaschine führte er bedeutende Verbesserungen durch, die dem Typ «Remington» zu Weltruf verhalfen. Merkwürdigerweise ging Edison an den Problemen der drahtlosen Nachrichtentechnik vorbei. Den Elektronenaustritt aus glühenden Metalloberflächen hat er zwar erstmals beobachtet (1883), aber nicht in seiner Bedeutung erkannt.

Edison hat sich auch darauf versucht, eigene Hüttenwerke zur Gewinnung von Eisenerz aufzubauen. Er hat dabei sein ganzes Vermögen verloren, konnte es aber mit seiner Portlandzementfabrik wiedergewinnen; selbstverständlich hat er auch auf diesem Gebiet eine ganze Reihe von Erfindungen gemacht, die bis heute fortwirken. Als einer der ersten hat er erkannt, daß dem Zementbeton als Baustoff die Zukunft gehörte; ihm verdanken wir die Einführung des Betongießverfahrens für den Hausbau (1907).

Eine derartig umfassende Erfindertätigkeit war freilich nur in der damaligen Zeit möglich und dürfte sich nicht mehr wiederholen. Die weitgehende Differenzierung sämtlicher technischer Wissenschaften macht es heute unmöglich, lediglich durch Fleiß und Begabung zu entscheidenden Erfolgen zu kommen. Ohne umfangreiche, kostspielige Laboratorien und zahlreiche, in Teams arbeitende Fachspezialisten können weder in der Gegenwart und noch weniger in der Zukunft umwälzende technische Erfindungen gelingen, wie dies vor der Jahrhundertwende einem Edison in Amerika oder einem Siemens in Deutschland noch möglich war.

Edison war jedoch nicht nur ein großer Erfinder, sondern auch ein bedeutender Organisator. Mag im einzelnen manche seiner Erfindungen in der Alten Welt früher oder später unabhängig von ihm entstanden sein – Edison war es, der gleichzeitig ihre Entwicklungsmöglichkeiten mit untrüglichem Blick erkannte, der ihre Schwächen beseitigte und mit unermüdlicher Ausdauer ihre Leistungsfähigkeit zu steigern wußte. Vielleicht ist nur Amerika das Land, in dem sich solche Menschen voll entfalten können, ohne in endlosen Kämpfen mit der staatlichen Bürokratie ihre besten Kräfte aufzureiben. Edison war keine Kämpfernatur. Er verabscheute den Kampf, denn er bedeutete in seinen Augen nur eine Kräfteverschwendung. Auch war ihm jede Form der staatlichen Kontrolle verhaßt, da er klar erkannte, daß eine von einem bezahlten und unproduk-



Triumphzug des elektrischen Lichts: 250 Arbeiter des Edisonschen Elektrizitätswerkes marschieren am 31. Oktober 1884 durch New York. Jeder trägt eine Edison-Glühlampe auf dem Helm. Den Strom erzeugte eine im Zug mitgeführte, mit Pferden bespannte Dampfanlage

tiven Beamtenapparat gelenkte Technik sofort den Schwung der privaten Initiative verlieren mußte. Auswüchse, die durch gewissenlose Spekulanten und Ausbeuter entstanden, verurteilte er entschieden, betrachtete sie jedoch als das kleinere Übel.

Charakteristisch für die Arbeit Edisons war die stillstehende Uhr in seinem Laboratorium. Er wollte damit dokumentieren, daß bei ihm nicht nach einem automatisch ablaufenden, unpersönlichen Zeitmaß gearbeitet, sondern daß nur die persönliche Arbeitsleistung gewertet werde. Es ist ihm auch keiner seiner Erfolge in den Schoß gefallen. War jedoch eine seiner Ideen für die allgemeine Verwendung reif geworden, dann überließ er ihre Auswertung seinen Mitarbeitern und wandte sich neuen Problemen zu. So sehen wir in Edison, der als Bahnbrecher für bedeutende Anwendungen der Physik und Chemie weder Physiker noch Chemiker war, der niemals eine geregelte Ausbildung genossen hatte, eine jener bedeutenden Pioniergestalten, die den Aufschwung der Technik bis zur Jahrhundertwende begleiten. Am 18. Oktober 1931 ist der große Erfinder, der zu Lebzeiten

fast schon eine legendäre Gestalt geworden war, in West-Orange (New-Jersey) gestorben.

In Deutschland war Werner Siemens durch seinen Bruder Wilhelm in London über Swans Versuche auf dem laufenden gehalten worden und eröffnete im Berliner Stammhaus Siemens & Halske 1882 die erste deutsche Glühlampenfabrik. Emil Rathenau, der 1881 auf der Pariser Weltausstellung die Edisonsche Beleuchtungsanlage bewundert hatte, sicherte sich die Ausnutzung der Edisonpatente für Deutschland und gründete 1882 in Berlin die «Gelegenheitsgesellschaft», aus welcher ein Jahr später die «Deutsche Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität» hervorging und 1887 durch Namensänderung die «Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft» (AEG). Rathenau war es auch, der den Münchener Glaspalast der von Oskar v. Miller 1882 veranstalteten Elektrizitätsausstellung mit elektrischer Beleuchtung ausstattete. 1884 errichtete die «Deutsche Edison-Gesellschaft» eine Glühlampenfabrik, die nach völligem Ausbau in der Lage sein sollte, jährlich 300000 Lampen zu erzeugen. Noch im gleichen Jahre gründete Rathenau nach langwierigen Verhandlungen eine neue Aktiengesellschaft, die «Städtischen Elektrizitätswerke», die später den Namen «Berliner Elektrizitätswerke» annahmen. Die Gesellschaft eröffnete ein Jahr danach ihr erstes Kraftwerk mit einer Leistung von 300 PS. Insgesamt waren 2500 Glühlampen angeschlossen, von denen ein Teil im Königlichen Schauspielhaus brannte. Weitere Kraftwerke folgten, und nach zehn Jahren waren bereits 200000 Lampen und zahlreiche Elektromotoren angeschlossen.

Selbstverständlich gab man sich mit Edisons Kohlenfadenlampe nicht zufrieden, sondern tüftelte an Verbesserungen – vor allem deswegen, weil der Faden so empfindlich war. Ein völlig neues Prinzip für die elektrische Lampe verfolgte der Berliner Physikochemiker Walter Nernst mit der von ihm 1897 erfundenen und nach ihm benannten Freiluft-Glühlampe. Diese Nernstlampe hatte einen stäbchenförmigen Glühkörper aus Oxyden der Erdmetalle – insbesondere Zirkonoxyd –, konnte sich aber nicht lange behaupten, denn sie besaß den Nachteil, daß sie vorgewärmt werden mußte. Sie erfreute sich jedoch einer gewissen Popularität, wie der Schüttelreim zeigt, den Göttinger Studenten erfanden:

> Ob du auch schwitzt beim Schein des Nernstlichts,
> Es ist umsonst, mein Sohn: Du lernst nichts.

Die erste ernsthafte Konkurrenz der Kohlenfadenlampen trat mit Auers Osmium-Metalldrahtlampe von 1902 sowie mit der Tantaldrahtlampe von Werner v. Bolten und Otto Feuerlein auf den Plan, die 1903

gebrauchsfertig war und 1905 in Berlin erstmals im Elektrotechnischen Verein vorgeführt wurde. Sie hatte zunächst einen bügelförmigen Leuchtfaden aus Tantaldraht und wurde bis 1905, als sie auf den Markt kam, so weit vervollkommnet, daß sie die Kohlenfadenlampe allmählich verdrängen konnte. 1913 folgte dann die von dem Amerikaner William D. Coolidge erfundene gasgefüllte Wolframdrahtlampe mit fast der zehnfachen Lichtstärke der ersten Edison-Kohlefadenlampe. 1958 aber strahlte in der Münchner Sonnenstraße die hellste Straßenleuchte der Welt auf: Sie besaß 3 Xenonlampen von je 20000 Watt und hatte eine Strahlungsleistung von 1,5 Millionen Lumen – dieselbe wie 3500 normale Glühlampen von je 40 Watt! Noch hellere sind inzwischen gefolgt.

Merkwürdigerweise stammt die modernste Beleuchtungsart, die mit Leuchtröhren für Straßenbeleuchtung, Werbeleuchten und für Geschäftsräume, nicht von heute und von gestern. Die Neonröhren genannten Leuchtröhren sind Entladungsröhren aus Glas, die mit einem unter geringem Druck stehenden verdünnten Edelgas wie Neon, Argon oder Helium angefüllt sind und in die an den Enden Elektroden für die Stromübertragung eingeschmolzen sind. Die übliche Bezeichnung ist also nicht ganz zutreffend. Diese Art von Glimmlicht geht zurück auf ein Patent, das Mac Farlan Moore schon 1902 in den USA angemeldet hat, das aber erst 1910 erteilt wurde und bis dahin unbekannt blieb. Zum Betrieb einer Moore-Lichtanlage war Wechselstrom erforderlich. Moore arbeitete noch nicht mit Edelgasen, sondern mit Stickstoff, der ein «sonnengoldenes» Licht gibt. Unedle Gase werden beim Betrieb schnell aufgezehrt, die Edelgase dagegen bieten Gewähr für ausreichende Betriebssicherheit und Lebensdauer. In Frankreich führte George Claude schon 1910 im Grand Palais zu Paris seine erste Neon-Leuchtröhre vor. Er verkaufte das Lizenzrecht auf seine Konstruktion während des ersten Weltkrieges an die General Electric in Amerika, wo das Verfahren weiter entwickelt wurde. Claudes amerikanisches Hauptpatent stammt von 1919.

Während in den großen Straßen Leuchtstoffröhren in allen Farben strahlen und glühen, brennen in den stillen Gassen der Vorstädte auch heute noch vielerorts mit grünlichem Licht die guten alten Gaslaternen.

Wie die Historie so vieler uns heute als selbstverständlich erscheinender Erfindungen mit einem Zufall oder mit einer «Kuriosität» beginnt, so steht auch am Anfang der Geschichte des Leuchtgases ein Kuriosum: Anno 1786 gewann der Würzburger Apotheker Johann Georg Pickel durch trockene Destillation von Knochen ein brennbares Gas und beleuchtete damit sein Laboratorium. Der nächste, der Versuche mit dem Ziel unter-

nahm, Leuchtgas zu erzeugen, war der Ingenieur Philippe Lebon in Paris. Seine «Thermolampe», auf die er 1799 ein französisches Patent erhielt, stellte gewissermaßen ein kleines «Heimgaswerk» dar. Lebon entgaste Holzstücke auf dem Rost des Küchenherds und leitete das so gewonnene Gas durch Röhren in benachbarte Räume. Die Zeitgenossen freilich schüttelten nur den Kopf über dieses ihnen als ebenso absonderlich wie umständlich vorkommende Verfahren, das Zimmer zu beleuchten, und Lebons Erfindung führte sich nicht ein: Man hatte ja doch Kerzen – was brauchte man da «Thermolampen»? Immerhin – einer war von Lebons Gedanken stark beeindruckt: der Österreicher Zacharias Andreas Winzler. Er hielt 1802 in Wien Experimentalvorträge über die Gasbeleuchtung mit Hilfe der «Thermolampe» und schrieb über dieses Thema auch ein Buch, in dem er Lebons Lampe nicht nur als Leucht-, sondern auch als Heiz- und Koch-Apparat empfahl. In seiner Salpeterfabrik zu Znaim und an zwei anderen Stellen führte Winzler Anlagen nach Lebons Vorbild aus. Aber weder Pickel noch Lebon oder Winzler dürfen als die eigentlichen Begründer der Gastechnik gelten. Sie waren nur Vorläufer. Das Verdienst gebührt vielmehr dem englischen Ingenieur William Murdock (1754–1839), denn er hat erkannt, daß Steinkohle das für die Gasgewinnung richtige Ausgangsmaterial ist.

Bereits im Jahre 1792 unternahm Murdock zu Redruth in Cornwall Versuche mit dem Entgasen von Steinkohle; das Gas, das er gewann, schaffte er mit tragbaren Behältern in sein Haus, hier zündete er das ausströmende Gas an und war stolz und glücklich, mit der recht hell brennenden Flamme sein Zimmer beleuchten zu können. Mit seinen Gasbehältern hat Murdock zugleich so etwas wie das erste «Flaschengas» geschaffen, auf das die Engländer David Gordon und Edward Heard 1819 ein Patent nahmen. Im Jahre 1799 – im gleichen Jahr, in dem Lebon das Patent auf seine «Thermolampe» bekam – richtete Murdock in Soho die Gasbeleuchtung für die Werkstätten der Gießerei von Boulton & Watt ein. Er hatte aber noch jahrelang Schwierigkeiten mit Rohrverstopfungen, Rußen der Flammen und Geruchsbelästigung. Doch 1804 erzielte er bereits schöne Erfolge mit einer Gaserzeugungsanlage für die Baumwollspinnerei von Philipps & Lee in Salford; schon mehrere hundert einfache Leuchtbrenner wurden hier mit Gas versorgt.

Im Jahre 1800 begann sich der kaufmännische Spekulant Friedrich Albert Winzer (der nicht mit Winzler verwechselt werden darf) für das Leuchtgas zu interessieren und zu werben. Da er 1801 bei Lebon auf Ablehnung stieß, ging er nach London, wo er seinen Namen in Winsor änderte, und baute Lebons Apparat nach. Als er bald darauf die Anlagen von Murdock kennenlernte, setzte er sich als Kaufmann und Werber eifrig

für die Sache ein und ließ sich 1804 das erste englische Patent auf Gaserzeugung erteilen, das von Murdock mit Recht, aber ohne Erfolg angefochten wurde. Nunmehr trat Winsor mit dem Plan an die Öffentlichkeit, ganze Straßen und Städte mit Gas zu beleuchten. Zunächst verlacht, setzte er sich doch mit Zähigkeit durch und fand 1810 auch Geldgeber. Zwei Jahre danach gelang es ihm, die «Chartered Gaslight und Coke Company» zu gründen, doch hatte er infolge zahlreicher technischer Schwierigkeiten zunächst keinen Erfolg. Und ein besonderes Unglück wollte es zu alledem, daß ein riesiger Pfeiler, der mit 1000 Gasbrennern versehen war und dem König 1807 auf einer Ausstellung als großartiges Musterbeispiel der neuen Beleuchtungsart gezeigt werden sollte, durch Feuerwerkskörper zerstört wurde. Erst als es gelang, den hervorragenden Ingenieur Samuel Clegg (1781–1861) für Winsors Unternehmen zu gewinnen, konnten die Hauptmängel abgestellt werden. Diesem Manne verdanken wir die Mehrzahl aller Gaswerkseinrichtungen und die meisten Behelfsmittel der Gastechnik, so den Wasserverschluß, den Druckregler und den Gasmesser (1813). 1818 nahm Clegg ein Patent auf den Gasbehälter in Dachform. Auf den «trockenen Gasmesser» erhielt John Malam 1820 ein britisches Patent.

Am Silvesterabend 1813 wurden auf der Londoner Westminster-Brücke die ersten Gasflammen entzündet. Clegg selbst mußte an diesem Abend wie auch an den folgenden die Lampen bedienen, da die dafür bestimmten Arbeiter einfach ausrückten. Denn noch war man voller Mißtrauen und Angst gegenüber der neuen Lichtquelle. Aber am 1. April 1814 konnte dann im ganzen Stadtteil St. Margareths die Gasstraßenbeleuchtung in Gang gesetzt werden.

Ein Buch des in London wirkenden Chemikers und Mineralogen Friedrich Christian Accum, das 1815 in englischer Sprache erschien und bald von dem deutschen Chemiker Wilhelm August Lampadius in deutscher Übersetzung veröffentlicht wurde, brachte erstmals genaue Anweisungen für Gasbeleuchtungsanlagen. Lampadius war es auch, der als erster in Deutschland Versuche mit der Leuchtgasgewinnung anstellte und 1811 sein Haus zu Freiberg in Sachsen mit Gas beleuchtete. Als Lampadius seine Anlage 1827 erweiterte, konnte sie bereits 79 Flammen speisen. Etwa zu der gleichen Zeit machte der Direktor des Polytechnischen Instituts in Wien, Johann Josef Prechtl, ähnliche Versuche. 1817 stattete er die Räume seines Instituts mit Gaslicht aus; in demselben Jahr veröffentlichte er ein Buch über die Beleuchtung mit Steinkohlengas, das sich im wesentlichen auf Accum stützte.

In München ließ Josef v. Baader, angeregt durch seine 1815 in England gemachten Beobachtungen, eine kleine Gasbeleuchtungsanlage für einige

Häuser in Nymphenburg ausführen und entwarf eine größere für das Residenzschloß. 1818 arbeitete sein Akademiekollege Georg von Reichenbach im Auftrag des Königs ein vollständiges Projekt zur Beleuchtung der Residenz mit Gas aus. Die Pläne kamen jedoch nicht zur Ausführung, vermutlich, weil Bayern keine brauchbare Gaskohle besaß; erst nach Eröffnung der Eisenbahn von München nach Hof um die Mitte des 19. Jahrhunderts konnte sie in ausreichender Menge für die Gaserzeugung bezogen werden.

Solche einzelnen Bemühungen und Bestrebungen blieben indessen ohne Auswirkung. Es bedurfte erst eines weiteren Anstoßes. Dieser kam wiederum aus England. Hier hatte man im Jahre 1820 die «Imperial Continental Gas Association» mit dem Ziel ins Leben gerufen, das Gas auch auf dem Festland einzuführen. Das erste Werk dieser Gesellschaft wurde 1825 in Hannover von den Brüdern George William und Lennard Drory eröffnet. Bald darauf kam es zu einem Vertragsabschluß auch mit Berlin, wo 1826 die Straße Unter den Linden bis zur Schloßbrücke mit Gas beleuchtet wurde. Das Gaswerk lag am südöstlichen Stadtrand, und noch heute heißt das auf dem gleichen Gelände befindliche moderne Gaswerk in der Gitschiner Straße im Volksmund «Englische Gasanstalt». Schon 1829 war das Rohrnetz für eine Leistung von 1783 Flammen ausgebaut; das Privileg dieser «Englischen Gesellschaft» erlosch erst mit Beginn des ersten Weltkrieges.

Im Gegensatz zu Hannover und Berlin ist das Dresdener Gaswerk auf deutsche Initiative hin entstanden. Mit einer Verfügung vom 18. Juni 1816 – zu dieser Zeit waren in Paris das Palais Luxembourg und das Hospital St. Louis bereits mit Gas beleuchtet – forderte König Friedrich August Vorschläge für eine Straßenbeleuchtung seiner Residenzstadt Dresden mit Gas an. Aber es dauerte seine Zeit, bis etwas geschah: 1821 beauftragte man den Kommissionsrat Rudolf Sigismund Blochmann, Inspektor der Sammlung alter technischer Instrumente im Zwinger, mit dem Entwurf, denn er hatte 1819 sein Institut mit Gasbeleuchtung ausgestattet. Auf diese Weise wurde Blochmann zum Begründer der deutschen Gastechnik. Als nämlich der Präsident der «Imperial Continental Gas Association», General Congreve, 1824 auch Dresden die Errichtung von Gaswerken anbot, stieß er auf Ablehnung. Blochmann reichte Ende des gleichen Jahres einen eigenen Plan zu einer Anlage im Königlichen Schloß ein, wobei «tragbares Gas» verwendet werden sollte; im Herbst 1827 war diese Anlage fertig, und im April 1828 konnte auch die Straßenbeleuchtung in Betrieb genommen werden.

Die Stadt Aachen erhielt als vierte deutsche Stadt 1838 ihr Gaswerk; Köln (1841), Hamburg (1844) und Frankfurt am Main (1845) folgten. In

München dauerte es aus den erwähnten Gründen länger. Hier führte man erst am 31. Oktober 1850 mit der Inbetriebnahme der Gasanstalt die öffentliche Gasbeleuchtung (1148 Straßenlaternen) ein. Im Jahre 1868 wurden bereits 530 deutsche Städte mit Gas beleuchtet.



Die junge, moderne Gaslaterne verdrängt die alte, ärmliche Öllampe. Karikatur von Hans Schließmann

Der Gedanke, mit Gas zu kochen und zu heizen, kam verhältnismäßig früh auf. Kein Geringerer als der Physikprofessor Sir John Robison in Edinburgh verwendete um 1835 Gas in seiner Küche. Das war allerdings nur sein Hobby. Zwanzig Jahre später sah es schon anders aus: Der Ingenieur R. W. Elsner besaß um 1854 in Berlin eine kleine Fabrik für Gaskochherde, Gasbadeöfen und Gasbügeleisen – sein Patentgesuch stammt von 1849, und 1858 schrieb Emanuel Schreiber das erste Buch über das Kochen und Heizen mit Gas. 1857 konnte man auch in Paris schon allerlei Gas-, Koch- und Heizapparate verschiedener Provenienz kaufen.

Nach Amerika drang die Kunde von dem neuen Gaslicht ziemlich schnell. Bereits im Jahre 1803 wurde in Philadelphia die Wasserseite der Stadt mit Gas beleuchtet, und 1823 erstrahlten in New York die ersten Gaslampen. Thaddeos S. C. Lowe war in USA einer der eifrigsten Förderer des Gaslichts. Er verwendete für die Beleuchtung das von Lavoisier entdeckte Wassergas (auch Hydrokarbongas genannt) und opferte viel Zeit und Arbeit, um dieses für kommerzielle Zwecke brauchbar zu machen.

Bald sahen sich die Gastechniker zwei ernsthaften Konkurrenten gegenüber. Da war einmal die Bogenlampe, die für die Straßen wie für die Reklamebeleuchtung in den Geschäftshäusern allmählich an Boden gewann, und nach 1881 kam die elektrische Glühlampe hinzu. Diese Tatsache veranlaßte die Gasfachleute zu besonderen Anstrengungen. Man suchte durch Verbesserungen der Brenner und Lampen, durch Erzielung größtmöglicher Lichteffekte und durch Vorrichtungen zum selbsttätigen Zünden, Löschen und Regulieren der Flammen der Konkurrenz zu begegnen und natürlich auch den Gasverbrauch zu steigern.

Gleichsam als Retter in der Not erschien zu diesem Zeitpunkt das Gasglühlicht des Freiherrn Carl Auer von Welsbach (1858–1929) auf dem Plan. Als Ausgangspunkt dieser neuen Lichtquelle kann das Kalklicht angesehen werden, als dessen Erfinder fälschlich allgemein Henry Drummond gilt (1825). Die Beobachtung des intensiven Leuchtens von Kalk und anderen Mineralien im Knallgasgebläse war nämlich schon lange vor Drummond gemacht worden, und bereits 1823 veröffentlichte der englische Arzt Goldsworthy Gurney eine Schrift, in der er auf die Bedeutung des Kalklichts als Lichtquelle für verschiedene Zwecke hinwies. Ein Jahr später verwendete George Birckbeck erstmalig das Kalklicht im Projektionsapparat. Zu Beleuchtungszwecken erwies es sich allerdings nicht als geeignet: Es war zu unwirtschaftlich und unbequem. Doch man arbeitete an dem Problem weiter. Die von Drummond verwendeten Kreidestücke wurden von Caron durch Magnesiastifte ersetzt, und um die Mitte des 19. Jahrhunderts verwendete Tessiée de Motay solche aus Zirkonerde, die neben größerer Haltbarkeit den Vorteil eines besseren Lichteffekts boten. Gleichzeitig setzten Versuche ein, den teuren Sauerstoff, den man für das Knallgasgebläse brauchte, auszuschalten und befriedigende Lichtwirkungen auch bei Verwendung atmosphärischer Luft zu erzielen. Dazu bedurfte es nun allerdings anderer Glühkörper. 1846 wandte Joseph Pierre Gillard Körbchen aus Platindraht an, die er in der Wasserstoffgasflamme zum Glühen brachte. Trotz dieses kostbaren Materials wurde beispielsweise die Stadt Narbonne von 1856 bis 1865 mit «Platinlicht» beleuchtet. Aus all diesen Versuchen war jedenfalls eines zu folgern: Es galt, geeignete «Strahler» zu finden, wenn man der Gasbeleuchtung neuen Auftrieb geben wollte. 1881 schlug Clamont Körbchen aus Magnesia vor, die mit einem Platindrahtnetz umgeben waren.

Die Zeit war reif für die Arbeiten von Carl Auer von Welsbach. Er war Chemiker, Schüler des großen «Elementenjägers» Robert Bunsen, der den nach ihm benannten Gasbrenner erfunden hat. Auf der Suche nach den Elementen der «Seltenen Erden» kam Auer auf die Idee, die Salze der Erden auf Baumwollgewebe aufzubringen und dieses dann zu veraschen. Das Experiment gelang. Die Erde blieb in Gestalt des Gewebes zurück. 1885 nahm er sein erstes Patent auf den so entstandenen «Glühstrumpf», der, im Bunsenbrenner erhitzt, ein fast weißes Licht gibt, und 1891 ersetzte er den Glühkörper aus Lanthanoxyd, Magnesia und Yttriumoxyd durch den Thor-Cer-Glühstrumpf. Damit begann der Siegeslauf des Gasglühlichts. Auch die Osmium-Metalldrahtlampe (1902) und das Cer-Eisen für Feuersteine (1904) hat er erfunden, der Mann, der die Lichttechnik ein entscheidendes Stück vorangetrieben hat, getreu seinem Wahlspruch: «Plus lucis – Mehr Licht!»

Kennzeichnend für das 18. Jahrhundert sind die Manufakturen, in denen zwar noch vorwiegend von Hand oder nur mit den althergebrachten, einfachen maschinellen Hilfsmitteln gearbeitet wurde, die aber doch schon als regelrechte Großbetriebe bezeichnet werden können. Aus ihnen – wenn auch nicht nur aus ihnen – entwickelten sich dann Fabriken im heutigen Sinne. Die wichtigsten Merkmale der Fabrik sind die Massenproduktion und die organisierte Arbeitsteilung: Der Handwerksmeister des Mittelalters und seine paar Gesellen hatten das, woran sie schafften, ständig unter ihren Händen behalten, vom Rohstoff angefangen bis zu dem Augenblick, wo ihr Arbeitsstück verkaufsfertig war, und infolgedessen war die Zahl der Waren, die ein Handwerksbetrieb auf den Markt bringen konnte, immer nur beschränkt geblieben. In der Fabrik hingegen arbeiten Dutzende, ja Hunderte und Tausende zusammen dergestalt, daß die Arbeit an einem Stück auf mehrere oder viele Hände verteilt ist: Der Arbeitsgang wird mit dem Ziel größtmöglichen Wirkungsgrades aufgegliedert. In der älteren kameralistischen und technologischen Literatur gelten nur diese zwei Kennzeichen – Arbeitsteilung und Massenproduktion – als charakteristisch für die Fabrik, während die Verwendung von Maschinen noch nicht als entscheidendes Moment angesehen wird. Das kommt schon darin zum Ausdruck, daß die Begriffe «Manufaktur» – «Handarbeits»-Betrieb – und Fabrik sehr oft und recht lange als gleichbedeutend gegolten haben. Es ist aber dennoch bezeichnend, daß beispielsweise ein Mitarbeiter des «Journals für Fabrik, Manufaktur, Handlung und Mode» – man beachte den Titel! – im Jahre 1795 die Leser über die Geschichte der «Feuermaschine» sachkundig unterrichtet und über deren Verwendung im Fabrik- und Manufakturwesen verbreitet: Sie sei insbesondere beim Bergbau, zum Betreiben sehr großer Anlagen bei der Wasserbewältigung und in anderen großen «Fabrikanstalten» nützlich, dort, wo weder Menschen und tierische Kräfte noch kleinere Maschinen ausreichten.

Die heutige Fabrik hat, nach Georg Jahn, eine dreifache Wurzel: einmal die mechanische Werkstatt des Spätmittelalters, dann die arbeitsteilige Organisation des Verlagsgewerbes – bei dem die Herstellung auf verschiedenen Arbeitsplätzen oder -stätten erfolgt, während Rohstoffbeschaffung und Absatz in der Hand eines Unternehmers liegen – und schließlich den Handwerksbetrieb. Unter den alten mechanischen Werkstätten sind Betriebe zu verstehen, die mit Maschinen arbeiteten, also etwa Mühlen verschiedener Art, Pochhämmer und dergleichen mit Wasserrad-, Göpel- oder ähnlichem mechanischem Antrieb. Eine solche me-

chanische Werkstätte wurde zur Fabrik dadurch, daß die mechanischen Hilfsmittel allmählich verbessert, vergrößert und vermehrt wurden. Ein Beispiel vom Ende des 17. Jahrhunderts für einen Fabrikbetrieb, der aus der zweiten Wurzel hervorgegangen ist, stellt das seinerzeit größte Unternehmen in der Textilindustrie dar, die Wollmanufaktur der Gebrüder van Robais zu St. Maur bei Abbéville, die bereits weitgehende Arbeitsgliederung hatte. Hier waren insgesamt nicht weniger als 1692 Arbeitskräfte beschäftigt. Von einer Mechanisierung konnte jedoch noch nicht gesprochen werden; es dauerte noch mehr als ein Jahrhundert, bis in dieser Hinsicht ein Fortschritt erzielt wurde. Die Entstehung des Fabrikbetriebes aus dem arbeitsteiligen Verlagsgewerbe – nicht zuletzt durch Zusammenführen der Einzelwerkstätten der «Haus»- und «Heimindustrie» unter das *eine* Dach der Fabrik – läßt sich in jener frühen Zeit auch bei der Gewehrfabrikation, in der Messerindustrie oder in der Stecknadelherstellung nachweisen. Als dritte Wurzel nannten wir den Handwerksbetrieb. Ein Beispiel für seine allmähliche Umformung zur Fabrik bietet die Entwicklung der Papiermühlen zu Papierfabriken; auch hier entsteht im Laufe der Jahrhunderte eine regelrechte Arbeitsteilung. Ähnlich war es etwa in der optischen Industrie und beim Maschinenbau.

Drei Stufen sind in der Entwicklungsgeschichte der Fabrik zu unterscheiden. Die erste war die Einführung einer rationellen Arbeitsteilung, also die Gliederung des ganzen Produktionsprozesses innerhalb eines Betriebes in eine Reihe einander folgender Teilprozesse und die Zerlegung dieser Teilprozesse in möglichst einfache Operationen. Die zweite Stufe ist gekennzeichnet durch die Einführung von mechanisierten Werkzeugen und von Arbeitsmaschinen in den Produktionsprozeß. Die dritte Stufe endlich ist die Motorisierung des Fabrikbetriebes: der Einsatz der Kraftmaschine. Zugleich wird nun auch nicht mehr, wie beim alten Zunfthandwerk, nach bloßen Erfahrungsregeln gearbeitet, sondern unter weitgehender Ausnutzung der Erkenntnisse, die Wissenschaft und Forschung erarbeitet haben.

Die zunehmende Mechanisierung, das heißt die Vermehrung der Arbeitsmaschinen, machte naturgemäß auch eine Verstärkung der Antriebskraft für die Maschinen notwendig. Der Weg ist leicht nachzuzeichnen: Er beginnt damit, daß die Wasserkraft von der Dampfmaschine abgelöst wurde, die dann ihrerseits ständig verbessert und vergrößert werden mußte. Und als dann auch die Dampfmaschine schließlich nicht mehr ausreichte, galt es, stärkere und ökonomischer arbeitende Motoren zu erfinden, bis endlich die elektrische Energie jeden auftretenden Bedarf zu decken in der Lage war.

Mit der zunehmenden Arbeitsteilung und mit dem Einsatz von Maschi-

nen stieg die quantitative Leistung des einzelnen Arbeiters – erst jetzt war eine wirkliche Massenerzeugung möglich. Außerdem wurde dadurch, daß besondere Werkzeugmaschinen erheblich präziser arbeiteten als die menschliche Hand, auch die qualitative Leistung des Arbeiters gesteigert. Quantitative und qualitative Leistungssteigerung führten schließlich auch zu immer größer werdender Einsparung an Arbeitszeit. Steigende Produktion von steigender Qualität bei sinkender Arbeitszeit – damit sind wir bei den Problemen der Industrialisierung von heute angelangt, um nun noch einmal zurückzublenden zu den Anfängen dieser Entwicklung.

Begonnen hat die Industrialisierung in England. Fast genau zur gleichen Zeit, in der sich eine Reihe wichtigster Erfindungen zur Mechanisierung bisher handwerklicher Betriebe durchsetzt (man denke an die «Spinning Jenny» von 1767 oder an Arkwrights Spinnmaschine von 1769), lieferte James Watt mit seiner doppeltwirkenden Expansionsdampfmaschine – das Patent ist von 1769! – den verbesserten und verstärkten Antrieb. Die von Arkwright 1775 in Nottingham gegründete Spinnerei, die als die erste Fabrik im heutigen Sinne des Wortes gilt, arbeitete zwar noch mit Wasserkraft. Aber schnell fand die Dampfmaschine Eingang auch in der jungen Textilindustrie. 1787 wurde sie erstmals in einer Baumwollmanufaktur eingesetzt, dreizehn Jahre später waren bereits 84 Maschinen in Baumwollfabriken in Betrieb.

Die Zahl der Dampfmaschinen nahm von Jahr zu Jahr zu. Für 1810 wird die Zahl der in England arbeitenden ortsfesten Dampfmaschinen auf 5000 geschätzt, und 1830 waren allein in den Baumwoll-, Woll-, Flachs- und Seidenmanufakturen 3637 Dampfmaschinen mit zusammen 88417 PS im Gange.

Textilmaschine und Dampfkraft leiten so die «erste industrielle Revolution» ein, die nun schnell auf alle möglichen Zweige der Fertigung übergreift. Was immer sich mechanisch betreiben läßt, wird nun an die Dampfmaschine angeschlossen, und «mit Dampf» arbeitet man bald auch dort, wo man es noch kurz zuvor gar nicht für möglich gehalten hätte. So kennt man bereits 1802 die dampfbetriebene Dreschmaschine, und in London erhielt Junius Smith 1823 ein Patent auf das Waschen mit Dampf. Damit war er freilich nicht der erste, denn schon 1788 hatte der französische Chemiker Jean Antoine Claude Chaptal sein Verfahren der Dampfwäscherei bekanntgegeben. Aber nach dem Smithschen Patent wurde 1823 in dem Londoner Vorort Mitcham eine Großwäscherei eröffnet, die «Steam Washing Company Works», und im folgenden Jahre entstand in Berlin nach britischem Vorbild die Dampfgroßwaschanstalt von Netto, Eschwege & Marcusson. Selbst in das Friseurhandwerk fand

die Dampfmaschine früh Eingang. So steht 1829 in der deutschen Zeitschrift «Flora» folgendes zu lesen: «An der Bude eines Friseurs in London, Marden Lande, nahe dem Coventgarden-Theater, lieset man die Inschrift: Hier frisiert man Damen mittels einer Dampfmaschine!» – nämlich mit walzenförmigen Haarbürsten, die über Transmissionsriemen von einer Dampfmaschine her in Rotation versetzt wurden. Noch 1862 hat sich der Engländer Camp eine solche Apparatur patentieren lassen, und 1863 zeigt der «Punch» sie als Karikatur. Auch das Kleingewerbe versuchte sich also damals schon die Dampfkraft nutzbar zu machen. Dafür noch zwei Beispiele: 1831 nahm Grant in Portsmouth ein Patent auf einen Dampfbackofen für Schiffszwieback, und 1837 erhielt Andreas Höcherl in München ein bayerisches Patent ebenfalls auf einen Dampfbackofen.

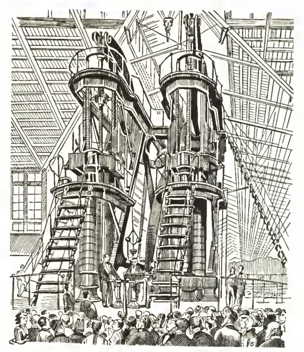
In Frankreich zählte man 1810 erst 200 Dampfmaschinen, davon ein Viertel britischer Herkunft. 1830 waren es 572 (davon 106 englischer Herkunft), und 1850 belief sich die Anzahl der Maschinen auf 5930 mit zusammen 87285 PS. Ähnlich liegen die Zahlen in Deutschland. Preußen hatte 1837 insgesamt 423 Dampfmaschinen, 1852 waren es schon 2832, allerdings einschließlich der Lokomotiven und Schiffsmaschinen. 1861 bereits 8669. Im gleichen Jahr liefen in Bayern 889 Dampfmaschinen, 1863 hatte Österreich deren 5414 – in beiden Fällen die Lokomotiven und Schiffsmaschinen mitgerechnet. Immer schneller wurde der Siegeszug der Dampfkraft: 1884 besaß Preußen 36747 ortsfeste Dampfmaschinen, 1900 hingegen 73792, und für ganz Deutschland belief sich die Zahl damals auf schätzungsweise 125000 mit 4,5 Millionen PS. Um diese Zeit begannen dann Explosionsmotor und Elektromotor der Dampfmaschine ernsthaft Konkurrenz zu machen.

Nicht nur für die Industrie wirkte die Dampfmaschine revolutionierend, sondern auch in der Landwirtschaft. Hier wurde der Dampfpflug zu einem entscheidenden Faktor; erst nach 1918 hat ihn der Traktor abgelöst. George Heathcoate bekam 1832 das erste britische Patent auf einen Pflug, der mittels einer Winde von einer feststehenden Dampfmaschine aus über das Feld gezogen wurde. Praktisch eingeführt hat sich aber erst das System von John Fowler, der 1848 sein erstes Patent auf einen Seilpflug nahm und 1862 das Patent auf das Pflügen mit zwei Lokomobilen erhielt, zwischen denen der Pflug mit Hilfe von Drahtseilen über das Feld hin- und hergezogen wurde. Der Dichter-Ingenieur Max Eyth, der 1861 in die Firma Fowler & Co. eintrat, hat als deren Vertreter den Dampfpflug in der ganzen Welt eingeführt. Seinen ersten Triumph feierte der Fowlersche Dampfpflug in Ägypten; hier interessierte sich der fortschrittlich denkende Prinz Halim Pascha, der große landwirt-

schaftliche Besitzungen hatte, für den Dampfpflug, den er 1861 auf der Londoner Weltausstellung kennengelernt hatte. Eyth hat sehr anschaulich das 1864 abgehaltene Wettpflügen zwischen dem Fowlerschen Dampfpflug und dem der Konkurrenzfirma Howard geschildert, der mit einem glänzenden Siege des Fowlerschen Systems endete und zu einem Großauftrag des ägyptischen Vizekönigs führte.

Für die Eisenindustrie wurde der Dampfhammer, eine Vereinigung von Dampfmaschine mit Hammer und Amboß, von besonderer Bedeutung (s. S. 437). James Nasmyth hat ihn 1839 gezeichnet, und noch bevor er 1842 auf seinen verbesserten, doppeltwirkenden Dampfhammer ein britisches Patent nahm, ist er erstmals im Eisenwerk Schneider & Co. in Creusot gebaut und praktisch angewendet worden. Das Gesamtgewicht dieses Hammers in Creusot betrug 1284 Tonnen. 1861 kam dann der berühmt gewordene Dampfhammer «Fritz» bei Krupp in Essen zur Aufstellung, der anfänglich ein Fallgewicht von 42500, später von 50000 kg hatte und erst 1911 stillgelegt wurde. Der Dampfhammer wurde abgelöst durch die hydraulische Schmiedepresse, die mit einem Druck bis zu 15000 Tonnen glühende Eisenbarren formt.

Inzwischen war aber auch die Dampfmaschine selbst weiterentwickelt worden. Schon zur Zeit von James Watt taucht der Gedanke der Compound- oder Verbundmaschine auf, bei der die Expansion des Dampfes in mehreren Zylindern nacheinander vor sich geht. 1781 nahm Jonathan Carter Hornblower eine derartige Maschine in Gebrauch; weil er aber Watts Kondensatorpatent verletzt hatte, wurde ihm der weitere Betrieb untersagt. Erst nachdem im Jahre 1798 Watts Patente erloschen waren, nahm Arthur Woolf den Gedanken der Compoundmaschine wieder auf und baute eine Zweifach-Expansionsmaschine; sie machte bald Schule und fand besonders in der Textilindustrie Anwendung. Die Verbundmaschine hatte nämlich nicht nur den Vorzug einer erheblichen Einsparung im Dampfverbrauch, sondern war wesentlich gleichmäßiger im Gang, wodurch sie besonders für Spinnereien und Webereien geeignet erschien. James Sims führte 1840 die nach ihm benannte Anordnung der Zweifach-Expansionsmaschine aus, bei welcher der Dampf in zwei Zylindern auf nur je eine Seite des Kolbens wirkt, und nahm 1841 diese Erfindung auf ein britisches Patent. Um 1880 begann man zur Drei- und Mehrfach-Expansionsmaschine überzugehen (von der allerdings der große amerikanische Dampfmaschinenbauer George Henry Corliss nichts wissen wollte). Die Mehrfach-Expansionsmaschine erwies sich jedoch vor allem für den Schiffsantrieb als besonders geeignet, bewährte sich aber auch als ortsfeste Maschine. In Deutschland ging seit 1879 die Maschinenfabrik Augsburg im Bau von Verbundmaschinen bahnbrechend voran.



Der amerikanische Präsident Grant setzt bei der Eröffnung der Weltausstellung 1876 in Philadelphia die riesige Dampfmaschine von Corliss (14000 PS) in Betrieb

Das Wirken von George Henry Corliss (1817–1888) bedeutet eine neue Entwicklungsstufe im Bau der Betriebsmaschine. 1846 begann sich Corliss mit der Dampfmaschine zu beschäftigen, 1849 erhielt er ein Patent auf einen Drehschieber und auf einen Regler für die Zuführung des Dampfes. Im Jahre 1876 zeigte er auf der Weltausstellung in Philadelphia seine riesenhafte Maschine; sie erregte Aufsehen insbesondere auch durch die nach ihrem Erfinder benannte Steuerung, bei der das Schließen der Hähne durch Luftdruck erfolgt. Die Corliss-Maschine wies bei geringem Kohlenverbrauch einen bis dahin nicht gekannten gleichmäßigen Gang auf.

Neben der Corliss-Maschine erlangte die Ventilmaschine der Gebrüder Johann Jakob und Salomon Sulzer in Winterthur große Bedeutung; Anfang der 60er Jahre hatten die Brüder mit ihren Konstruktionsarbeiten begonnen, 1865 wurde die erste Sulzermaschine mit Ventilsteuerung fertig. Die konstruktive Weiterentwicklung war das Werk von Heinrich Sulzer,

einem Sohn von Jakob Sulzer, und von Charles Brown, der schon 1862 Dampfmaschinen mit Überhitzer aus Rippenrohren gebaut hatte. Die Sulzer-Brownsche Ventildampfmaschine, die für den gesamten Dampfmaschinenbau richtungweisend wurde, erhielt 1878 auf der Pariser Weltausstellung die Goldene Medaille.

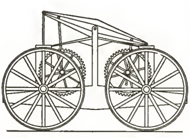
Bei allen bisher erwähnten Dampfmaschinen erhielt man die drehende Bewegung gewissermaßen nur auf Umwegen und dementsprechend mit Verlust aus der hin- und hergehenden Bewegung des Kolbens. Aber konnte man nicht eine Kraftmaschine bauen, bei der unmittelbar eine drehende Bewegung entstand, vielleicht dadurch, daß man den Wasserdampf als Träger der Antriebsenergie in der gleichen Weise wirken ließ, wie es das Aufschlagwasser beim Mühlrad tat? Die Idee einer solchen Maschine, einer Dampfturbine, wie sie schon Branca 1629 skizziert hatte, wurde seit 1883 Wirklichkeit (s. S. 320).

Es war im Jahre 1673, als sich Christian Huygens, damals in Paris, die Aufgabe notierte, «stets eine sehr bedeutende Triebkraft zur Verfügung zu haben, die keine Unterhaltungskosten erfordert wie Menschen oder Tiere». Im Verfolg seiner Beobachtungen über den Luftdruck und seiner Experimente mit der Luftpumpe kamen Huygens und sein Mitarbeiter Denis Papin auf den Gedanken, durch Ausnutzen der Explosionsgase von Schießpulver eine Kraftmaschine zu schaffen: Der Gasdruck sollte einen Kolben innerhalb eines Zylinders emportreiben und damit unter dem Kolben einen luftleeren Raum schaffen, so daß die äußere Luft den Kolben mit großer Kraft auf den Boden des Zylinders zurückdrücken konnte. Eine solche atmosphärische Kolbenmaschine mit Pulverantrieb hat dann Papin 1674 dem Minister Ludwigs XIV., Jean Baptiste Colbert, vorgeführt. Bei Colbert, der das merkantilistische Wirtschaftssystem in Frankreich eingeführt hat, war Huygens schon früher mit allerlei Vorschlägen über Maschinen vorstellig geworden – es war ja schließlich kein Wunder, daß Colbert als der Mann, der die französische Industrie entscheidend gefördert hat, sich für jede Möglichkeit interessierte, eine «sehr bedeutende Triebkraft» in den Dienst der Wirtschaft stellen zu können. Die von Papin vorgeführte Pulvermaschine funktionierte auch, aber es mußte jedermann einleuchten, daß es äußerst gefährlich war, sie zu bedienen. Hinzu kam noch, daß sie nur einen geringen Wirkungsgrad hatte. Papin und der Abbé Jean de Hautefeuille bemühten sich zwar um Verbesserungen, bald jedoch verfolgte Papin den Gedanken einer Gasmaschine nicht weiter – dadurch, daß er statt der Pulvergase Wasserdampf benutzt, schafft er die erste brauchbare Wärmekraftmaschine. Doch davon war schon die Rede (s. S. 142).

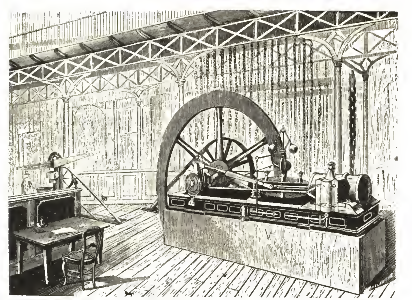
Anderthalb Jahrhunderte etwa dauerte es, bis Huygens' Idee eines Verbrennungsmotors wieder auflebte – jene Idee, durch Explosionsgase den Kolben einer Maschine anzutreiben. Längst liefen brauchbare Dampfmaschinen, als im Jahre 1823 Samuel Brown ein britisches Patent auf eine Gasmaschine nahm, die aber unwirtschaftlich und ebensowenig praktisch brauchbar war wie die schon besser durchgearbeitete Maschine von Lemuel Wellman Wright (brit. Patent von 1833). Diese sollte mit einem Gemisch von Leuchtgas und Luft arbeiten, gelangte aber über das Versuchsstadium nicht hinaus. Der Gedanke des Benzinmotors taucht erstmals schon 1838 auf, als William Barnett in seiner Patentschrift auf eine Gasmaschine die Möglichkeit andeutet, man könne die Maschine auch mit leichtflüchtigen flüssigen Kohlenwasserstoffen betreiben. Die Gasmaschine von Eugène Barsanti und Felix Matteucci (1854) war dann die erste, die mit einem durch die Explosion frei vorgestoßenen Kolben versehen war, wodurch die direkte Stoßwirkung zur Hervorbringung der Betriebskraft vermieden wurde. Aber auch diese Maschine vermochte nicht zu überzeugen. Wirklich brauchbar war erst Lenoirs Konstruktion.

Etienne Lenoir (1822–1900), der im Jahre 1860 mit seiner Gasmaschine in Paris außerordentliches Aufsehen erregte, war also keineswegs der erste, der sich mit diesem Problem mehr oder weniger erfolgreich beschäftigt hatte. Wieder einmal begegnet uns hier wie in der Folge bei der Geschichte des Kraftwagenmotors – und zwar noch eindringlicher als bei anderen Erfindungen – die Tragik des «Vorläufers», für den die Zeit noch nicht reif war und der zusehen mußte, wie andere Ruhm und Ehre einheimsten.

Lenoir, ein aus Luxemburg stammender ehemaliger Kellner, erhielt am 24. Januar 1860 ein Patent auf seine doppeltwirkende Gasmaschine, die sofort in der Presse ein starkes Echo fand. Max Eyth, gleich erfolgreich als Ingenieur wie als Schriftsteller, hat das in seinem Buch «Im Strome der Zeit» lebendig geschildert. Er war im Auftrag der Stuttgarter Maschinenfabrik G. Kuhn nach Paris gekommen, um Lenoirs vielgerühmte Maschine genau in Augenschein zu nehmen, hatte dann 1861 in einer Fachzeitschrift sehr eingehend darüber berichtet und schließlich in Stuttgart den Versuch gemacht, die Maschine nachzubauen; wie dieser Versuch mißglückt ist, mag man in Eyths humorvoller Darstellung selbst nach-



Auch ein Ahn des Autos: Der Gasmotorwagen von Brown 1825



Lenoirs Gasmaschine auf der Pariser Weltausstellung 1867

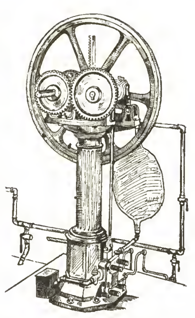
lesen. Lenoirs Maschine beruhte auf dem Prinzip der Zündung eines Leuchtgas-Luft-Gemisches durch einen elektrischen Funken. 1863 baute Lenoir seine Gasmaschine sogar in ein Fahrzeug ein und machte mit diesem Kraftwagen eine Fahrt zwischen Paris und Joinville – das waren immerhin 15 km. Ein entscheidender Erfolg aber war von der schweren und langsam laufenden Maschine und angesichts ihres hohen Gasverbrauchs noch nicht zu erwarten.

Doch der Gedanke des Gasmotors lag in der Luft. Eine ganze Anzahl einfallsreicher Köpfe plagte sich damit herum, ihn Wirklichkeit werden zu lassen. Zu diesen heute fast durchweg (und nicht selten zu Unrecht) vergessenen Erfindern gehört auch der Münchner Uhrmacher Christian Reithmann (1818–1909), der aus Mosbach bei Fieberbrunn in Tirol stammte. Sein stilles Schaffen hat ganz im Schatten von Lenoir und dann vor allem von Otto und Daimler gestanden. Reithmanns Versuche, eine neue Kraftmaschine zu schaffen, gehen bis ins Jahr 1852 zurück. 1858 konnte er einen kleinen betriebsfähigen Zweitakt-Versuchsmotor zeigen, 1860 erhielt er für seine Gasmaschine ein bayerisches Privileg – im gleichen Jahr also, in dem Lenoirs Gasmotor patentiert wurde. Benutzt hat Reithmann seinen selbstgebauten Motor zum Antrieb der verschieden kleinen Maschinen seiner Werkstätte. Eine von dem erfinderischen Uhr-

macher 1867 gegründete Motorenfabrik war nur kurzlebig, und außerdem war er vom Glück nicht gerade begünstigt: 1868 führte er auf einer Industrieausstellung, die anläßlich des Münchner Oktoberfestes stattfand, seine Gasmaschine öffentlich vor, doch brach zu Reithmanns Pech die Kurbelwelle. Ein Jahr danach suchte er zusammen mit seinem Freunde, dem Glasmaler Max Emanuel Ainmiller, um ein preußisches Patent nach – das Gesuch wurde abgelehnt. Im Jahre 1872 führte er einen noch nicht im Viertakt arbeitenden Motor öffentlich vor. In den folgenden Jahren haben Sachverständige den Motor weder in Betrieb gesehen noch besichtigt. Im Zusammenhang mit Patentprozessen um Ottos Priorität wurde der Motor 1884 ans Tageslicht gezogen. Er war jetzt als Viertaktmotor eingerichtet, konnte jedoch erst nach einigen Änderungen in Betrieb gesetzt werden. Es kam zu einem Prozeß zwischen der Gasmotorenfabrik Deutz und Reithmann. Da dieser nur einander widersprechende und ungenaue Angaben machte, konnte erst in der zweiten Instanz entschieden werden, daß Otto die Priorität vor Reithmann hatte. In der Öffentlichkeit wurde jedoch nur das für Reithmann günstige Urteil der ersten Instanz bekannt. Reithmann wird daher nur irrtümlich als Erfinder des Viertaktmotors angesehen. Der Gedanke des Viertaktmotors stammt allerdings von dem französischen Ingenieur Beau de Rochas (1862), ist von diesem aber nicht in der Praxis verwirklicht worden. Von Beau de Rochas wußten freilich weder Reithmann noch Otto. Reithmann, dessen Motor im Kölner Werksmuseum der Klöckner-Humboldt-Deutz AG zu sehen ist, hat noch andere Erfindungen gemacht, so eine elektrische Normaluhr mit freischwingendem, vom Räderwerk unabhängigem Pendel, die 1867 auf der Pariser Weltausstellung mit der großen silbernen Medaille ausgezeichnet wurde. Für die weitere Entwicklung des Verbrennungsmotors und des Kraftfahrzeugs sind jedenfalls Reithmanns Arbeiten ohne Bedeutung geblieben. Diese ist vielmehr an die Namen Nikolaus Otto, Gottlieb Daimler, Karl Benz und Rudolf Diesel geknüpft.

Die reichlich optimistischen Berichte, die man in den Zeitungen über die Lenoirmaschine lesen konnte, machten auf den jungen Kölner Kaufmann Nikolaus August Otto (1832–1891) einen starken Eindruck und beflügelten seine erfinderische Phantasie. So etwas mußte man doch selbst – und vielleicht besser – machen können! Eine kleine Gasmaschine, die Otto nachbaute, befriedigte ihn nicht, und Ende 1861 ließ er durch den Mechaniker Zons nach eigenen Angaben eine verbesserte Versuchsmaschine bauen. Schon diese Konstruktion zeigte ihm, daß es notwendig war, das Gasgemisch vor dem Entzünden zu verdichten, und daß die Explosion im Totpunkt einzutreten hatte. Vor allem aber erkannte Otto, daß man das Ansaugen, Verdichten, Verbrennen und Auspuffen in einem einzigen

Zylinder vor sich gehen lassen konnte. Otto verfolgte seinen einmal eingeschlagenen Weg zielsicher weiter und konstruierte seine erste atmosphärische Gasmaschine, für die er 1863 in England, dann in Frankreich und Belgien Patente erhielt. In dem Kölner Ingenieur Eugen Langen (1833 bis 1895) fand er einen rührigen Mitarbeiter, und ihrem gemeinsamen Wirken ist die erste wirklich allgemein brauchbare Verbrennungskraftmaschine zu verdanken. 1864 wurde die Firma «N. A. Otto & Comp.» als Fabrik für Gasmotoren gegründet. Zwei Jahre später gelang es Langen, das Schaltwerk wesentlich zu verbessern; in diesem Jahr, 1866, wurde der Otto-Motor in Preußen patentiert, ein Jahr später in England. Auf der Pariser Weltausstellung 1867 wurde die neue Maschine mit der goldenen Medaille ausgezeichnet, weil sie sich bei der Prüfung der Lenoirschen im Gasverbrauch weit überlegen zeigte. In der Folge erlebte die junge Firma einen beachtlichen Aufschwung, denn mit dieser Maschine war für das Kleingewerbe, das sich Dampfmaschinen nicht leisten konnte, eine billige Kraftmaschine geschaffen, die sich bewährte. Nach einer Zwischenlösung wurde 1872 – bis dahin waren bereits rund 1000 Gasmaschinen geliefert worden – als neue Firma die «Gas-Motoren-Fabrik Deutz-A.G.» gegründet; Gottlieb Daimler trat als technischer Leiter ein und brachte den begabten jungen Ingenieur Wilhelm Maybach mit (s. S. 324). Daimlers Hauptaufgabe war, die Massenfabrikation einzurichten. In den folgenden Jahren entwickelte Otto unter Daimlers Mitwirkung die Viertaktmaschine, bei der das Gasgemenge in 4 aufeinanderfolgenden Hüben des Arbeitskolbens angesaugt, verdichtet, gezündet und in verbranntem Zustand hinausbefördert wird. Ihre verbesserte Konstruktion wurde am 4. August 1877 in Deutschland durch Patent geschützt. Sie erregte auf der Pariser Weltausstellung 1878 allgemeine Bewunderung; Franz Reuleaux nannte sie die «größte Erfindung im Kraftmaschinenfach seit Watt». Dieses Lob wollte etwas heißen, denn Reuleaux war nicht nur Professor der Maschinenbaukunde und Direktor der Berliner Gewerbeakademie,



Die atmosphärische Gasmaschine von Nikolaus Otto und Eugen Langen 1867



Der Gasmotor setzt sich durch: In den Anzeigen des «Scientific American» vom 8. und 15. Januar 1887 erscheint auch der Otto-Motor

war nicht nur der Begründer der Kinematik und der wissenschaftlichen Maschinenlehre, sondern er hatte auch 1876 mit seiner bitteren Kritik an den deutschen Erzeugnissen – «Billig und schlecht!» – die gesamte Industrie aufgerüttelt.

Auf dem ersten Merkblatt der Deutzer Firma über die neue Maschine findet sich der Hinweis, daß man den Bau der Maschinen in Größen von 1/2, 1, 2, 4, 6 und 8 Pferdestärken aufgegriffen hatte, aber auch schon den Bau in größerer Ausführung plante. 1881 konnte die Firma bereits 10- und 12pferdige Maschinen anbieten, und 1884 wurden Zwillingsmaschinen in Größen von 30 bis 60 PS für elektrische Generatoren gebaut. Auch das Zweitaktverfahren, das schon in Ottos grundlegendem Patent enthalten war, versuchte man immer wieder. 1879 ließ sich die Firma eine Zweitaktmaschine schützen, 1886 wurde eine Maschine mit besonderer Gas- und Luftpumpe gebaut.

Viel Ärger hatte Otto mit Patentstreitigkeiten. Trotz der Arbeiten vieler Vorläufer und Zeitgenossen ist jedoch er der Schöpfer des wirklich arbeitsfähigen Viertaktmotors. Von seiner Konstruktion, dem «Otto-Motor», aus hat die gesamte riesige Entwicklung der modernen Verbrennungskraftmaschinen ihren Ausgang genommen.

In stürmischem Siegeslauf hatte sich die Dampfmaschine die Welt erobert und das Zeitalter des Frühkapitalismus, des Unternehmers, des Fabrikarbeiters heraufbeschworen. Aber auch die Forschung hatte sich der Dampfmaschine angenommen: Sadi Carnots Werk «Reflexions sur la puissance motrice du feu» (1824) begründete die Wissenschaft der Thermodynamik. Carnot, der französische Pionieroffizier und Physiker, zeigte in dem von ihm erdachten und nach ihm benannten Kreisprozeß die Bedingungen auf, unter denen man theoretisch in Wärmekraftmaschinen die größtmögliche Wärmeausnützung erzielen kann. Freilich ist der Carnotsche Kreisprozeß ein Idealfall, und davon, wie man seine Theorie in die Praxis umsetzen kann, hatte Carnot nicht gesprochen. Eines aber zeigten seine Berechnungen deutlich: daß die Dampfmaschine, so mächtig sie sich entwickelt hatte, doch eine recht unwirtschaftliche Sache war; ganze sechs bis zehn

Prozent der im Brennstoff verfügbaren Wärme wurden von ihr in nutzbare Arbeit umgewandelt, während bei der «isothermischen» – bei gleichlaufender Temperatur erfolgenden – Zustandsänderung von Gasen ein Fall denkbar war, alle einem Gas zugeführte, durch Verbrennung entstehende Wärme in Arbeit umzusetzen. So kann es nicht wundernehmen, daß in der Zeit, als diese Gedanken die Männer der Wissenschaft und der Technik bewegten, ein junger Mensch, ein Student, dem sein Professor diese Tatsachen vortrug, an den Rand seines Kollegheftes schrieb: «Studieren, ob es nicht möglich ist, die Isotherme praktisch zu verwirklichen». Der Professor, der die Vorlesung über Thermodynamik hielt, war Carl von Linde, der Erfinder der Ammoniak-Kompressions-Kältemaschine (1874); man schrieb das Jahr 1878, und der unter seinen Hörern, der den Carnotschen Idealprozeß zu verwirklichen sich vornahm, hieß Rudolf Diesel, Student am Polytechnikum in München.

Rudolf Diesel wurde am 18. März 1858 in Paris geboren, wo sein aus Augsburg stammender Vater sich als Hersteller von Lederwaren selbständig gemacht hatte. In Paris verlebt Rudolf die ersten zwölf Jahre seines Lebens, wird aber bei Ausbruch des Krieges 1870 von seinen Eltern, die nach London gehen, zu Verwandten in die schwäbische Heimat geschickt. Der außerordentlich begabte und ungemein fleißige Junge besucht die Augsburger Industrieschule und setzt gegen den Willen der Eltern das Studium an der im Jahre 1868 als Polytechnikum gegründeten Technischen Hochschule in München durch. Hier schreibt der zwanzigjährige Student den Satz nieder, der der Ausgangspunkt für seine weltbewegende Erfindung war. «Der Wunsch der Verwirklichung des Carnotschen Kreisprozesses beherrscht fortan mein Dasein.»

Carl von Linde, der die Befähigung seines Schülers erkannt hatte, veranlaßt ihn, seine praktische Ausbildung bei der Maschinenfabrik Gebrüder Sulzer in Winterthur, einer der klassischen Firmen des Maschinenbaues, zu absolvieren. Nach Abschluß der Volontärzeit macht Diesel in München sein Examen, das beste, das seit Gründung des Polytechnikums je ein Student abgelegt hatte. Diesel wird Assistent bei Linde, der ihn bald zur Vertretung seiner französischen Interessen nach Paris und anschließend nach Berlin schickt. Der Carnotsche Kreisprozeß läßt jedoch dem jungen Diesel keine Ruhe; wie so viele andere macht auch er sich daran, eine rationellere Wärmekraftmaschine zu finden. Diesel versucht es mit einem Ammoniakmotor – er muß einsehen, das ist ein Irrweg. Aber er läßt nicht locker. Immer tiefer arbeitet er sich in die selbstgestellte Aufgabe hinein, einem «rationellen Wärmemotor zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren» zu finden. Und dann kommt der schöpferische Einfall, «Ammoniak durch ein wirkliches Gas, nämlich

hochgespannte, hocherhitzte Luft zu ersetzen, in solche Luft allmählich feinverteilten Brennstoff einzuführen und sie gleichzeitig mit der Verbrennung der einzelnen Brennstoffpartikel zu expandieren – sich ausdehnen – zu lassen, daß möglichst viel von der entstehenden Wärme in äußere Kraft übergeht».

Hochgespannte Luft, also durch Kompression unter hohen Druck gebrachte Luft, erhitzt sich stark – das hat wohl als erster in aller Klarheit der große holländische Arzt und Naturforscher Hermann Boerhave 1732 erkannt. Praktisch angewandt wurde diese Erkenntnis 1803 beim pneumatischen Feuerzeug des Lyoner Physikers Joseph Mollet, und der Pariser Instrumentenmacher Dumotiez hat dann 1806 durch Versuche die geringste Kapazität der Kompressionspumpe und die kleinste Menge Luft festgestellt, bei der es noch gelingt, den Zündschwamm in Brand zu setzen.

An dieses Kompressionsfeuerzeug mit seiner hochverdichteten Luft knüpft Diesel an. Tag und Nacht denkt er an den so zu betreibenden Motor; am 3. Dezember 1892 erhält er das grundlegende Patent 67207, im Jahre darauf veröffentlicht er seine «Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors»: «Im Gegensatz zum Explosionsmotor Ottos saugt der Dieselmotor reine Luft ein und verdichtet vier- bis achtmal höher als der Ottomotor. Die überaus hoch verdichtete reine Luft wird, wie wir bereits vom Kompressionsfeuerzeug wissen, sehr heiß. Spritzt oder bläst man in die glühende Luft den Brennstoff ein, so entzündet er sich ohne Zündvorrichtung. Man kann den Brennstoff so in den Motor einführen, daß keine wesentliche Drucksteigerung, also keine Explosion oder rasche Verpuffung, wie beim Ottomotor, eintritt, sondern eine viel ruhigere Verbrennung.» Diese Worte aus Eugen Diesels hervorragender biographischer Würdigung seines Vaters geben den charakteristischen Grundgedanken der Erfindung wieder.

Eine heftige Debatte Für und Wider entbrennt, aber Diesel hat Erfolg, obwohl die meisten Kapazitäten den Kopf schütteln, wenn sie daran denken, daß Diesel mit Verbrennungsdrucken von 250 Atmosphären rechnet! Sein Lehrmeister Linde jedoch, außerdem der Münchner Professor für Maschinenbau Moritz Schröter und der Direktor des Dresdener Polytechnikums Gustav Zeuner, drei anerkannte Autoritäten, sprechen sich für Diesel aus; die Maschinenfabrik Augsburg (MAN) unter Heinrich von Buz, aber auch Friedrich Krupp in Essen erwerben Lizenzen auf den Dieselmotor. Nun aber beginnt erst die eigentliche «Arbeits- und Leidenszeit des Erfinders», das Ringen um die wirklich brauchbare Form, das Diesel selbst so packend dargestellt hat.

Am 10. August 1893 wird die erste Zündung erzielt, am 17. Februar 1894 gibt der Dieselmotor erstmals ruckweise Arbeit her und läuft etwa

eine Minute lang leer. Immer neue Schwierigkeiten und Enttäuschungen gibt es, «unaufhörlichen Kampf mit Dummheit und Neid, Trägheit und Bosheit, heimlichem Widerstand und offenem Kampf der Interessen, eine entsetzliche Zeit, ein Martyrium, auch wenn man Erfolg hat». Der Erfolg: Am 26. Juni 1895 ist der Wärmeverbrauch des Dieselmotors nur noch etwa halb so groß wie der irgendeiner anderen Wärmekraftmaschine; Professor Schröter stellt bei seinen Versuchen in Augsburg am 17. Februar 1897 den mechanischen Wirkungsgrad bei voller Leistung mit 75 % fest, 34,2 % der Wärme werden bei Vollbelastung in indizierte Arbeit umgesetzt (s. Tafel S. 138). Der Dieselmotor ist so allen anderen Wärmekraftmaschinen weit überlegen. Hoch gehen die Wogen der Begeisterung, als Schröter auf der Tagung des Vereins Deutscher Ingenieure in Kassel am 16. Juni 1897 diese Feststellungen mitteilt. Statt des Kohlenstaubs, den Diesel anfänglich vorgesehen hatte, arbeitet sein Motor nun mit Rohöl – seine ersten Motoren sind stehende, im Viertaktverfahren arbeitende Ein- und Zweizylindermotoren mit höchstens 40 PS Leistung je Zylinder. Deshalb konnte auch der Wunsch von Ludwig Lohner in Wien, Inhaber einer Wagenbaufirma, nicht erfüllt werden, der 1896 Kraftwagen bauen wollte und sich ein Jahr danach mit Diesel in Verbindung setzte. Die Zeit, einen Dieselschnelläufer zu entwickeln, war noch nicht gekommen. Aber zielbewußte Weiterentwicklung führte zu neuen und leistungsfähigeren Typen.

Auf der Münchener Kraftmaschinenausstellung im Jahre darauf waren bereits Dieselmotoren von einer ganzen Reihe Firmen auch des Auslandes zu sehen. Der Siegeszug des Dieselmotors beginnt – zwei Jahre später ist sein Erfinder fünffacher Millionär. Aber die Sorgen, die Kämpfe reißen nicht ab, das Martyrium, von dem er gesprochen, geht weiter. Der jahrelange geistige Raubbau rächt sich, es kommt zum körperlichen Zusammenbruch. Diesel erholt sich scheinbar, aber das Fundament ist erschüttert – körperlich und finanziell. Er erlebt noch die Diesel-Schiffsmaschine. 1903 baut die Nobel-Gesellschaft für den Verkehr auf dem Kaspischen Meer das erste Dieselmotorschiff, die «Wandal», und 1911 ist das erste seegehende Motorschiff fertig, die dänische «Selandia». Er erlebt noch gerade die Diesel-Lokomotive (1913), den Diesel-Lastwagen und das erste Dieselkraftwerk; es wurde in den Jahren 1903 bis 1906 von der MAN in Kiew mit 6 Vierzylinder-Viertakt-Dieselmotoren zu je 400 PS errichtet und diente dort der Stromerzeugung für den Antrieb der städtischen Straßenbahnen. Große Leistungen werden im Zweitaktverfahren erzielt, bei dem das Ausspülen der Verbrennungsrückstände eine wichtige Rolle spielt. Die MAN entwickelt dafür ein Spülverfahren, die sogenannte Umkehrspülung, das beispielsweise beim Bau einer Dieselmaschine von 12000 PS für die Germaniawerft im Jahre 1910 zur Anwendung gelangt.

(Eine so ausgestattete Dieselmaschine der MAN leistete im Jahre 1917 bei 145 Umdrehungen in der Minute 10800 PS und verbrauchte bei dieser Leistung 183 Gramm Betriebsstoff pro PS in der Stunde.) Gewiß – das alles sind großartige Erfolge, und Diesel wird im Jahre 1912 in Amerika, das er mit seinem Jugendfreund Oskar von Miller, dem Schöpfer des Deutschen Museums, besucht, begeistert empfangen. Innerlich aber ist er ein gebrochener Mann. «Wer nicht ausnahmsweise neben einer genialen Begabung auch noch eine außergewöhnliche Begabung für den Lebenskampf hat, hat sehr wenig Aussicht, sich im Lebenskampf zu erhalten, wenn ihm nicht dabei geholfen wird.» Diese Begabung für den Lebenskampf fehlte Rudolf Diesel, und sich helfen zu lassen, das lag ihm nicht. In der Nacht vom 29. zum 30. September 1913, auf einer Fahrt über den Kanal nach London, von schwersten finanziellen Sorgen bedrückt, hat Rudolf Diesel, fünfundfünfzig Jahre alt, die Welt verlassen, gegen deren Widrigkeiten zu kämpfen er nicht mehr die Kraft hatte. In diesem Jahr sind bereits 300 Schiffe mit seinen Motoren ausgerüstet.

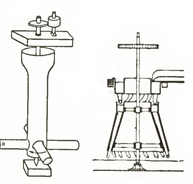
Geblieben ist sein Werk Nach 1922, mit der Einführung der luftlosen Einspritzung, gewann auch der Klein-Dieselmotor ein ständig sich ausweitendes Betätigungsfeld. Der «Diesel» ist ein Begriff geworden, den jedermann in der Welt kennt, und sein Siegeszug ist immer noch nicht beendet. Aber gerade uns, die wir oft genug einem fast schrankenlosen Vertrauen in den stetigen Fortschritt der Technik gegenüberstehen, sollte Rudolf Diesels Wort nachdenklich stimmen: «Es ist schön, zu erfinden, so wie ein Künstler gestaltet. Ob die Menschen jedoch durch mein Werk glücklicher geworden sind, das vermag ich nicht zu entscheiden.»

Befragt man Knaurs Lexikon, was eine Turbine ist, so erfährt man, es handle sich um eine «Kraftmaschine zur Umwandlung von Energieformen (Wasser-, Dampf- oder Gasdruck) in drehende Bewegung». Nimmt man jedoch eines der großen Lexika aus der Zeit um die Jahrhundertwende in die Hand, so wird man beim Stichwort «Turbine» lediglich auf ein anderes verwiesen, nämlich auf «Wasserrad», und liest dann dort, Turbinen seien «horizontale Wasserräder» von hohem Wirkungsgrad, was hauptsächlich dadurch bedingt sei, daß dem Wasser durch die eigentümliche Form der Schaufeln seine meist sehr große Einströmungsgeschwindigkeit möglichst allmählich, das heißt ohne Stoß, und möglichst vollkommen entzogen wird.

Horizontal angeordnete Wasserräder sind in der Tat die Vorläufer der eigentlichen Turbinen, und man findet sie schon gelegentlich skizzenhaft dargestellt bei Leonardo da Vinci. Jacques Besson kennt sie um 1565: sie liegen im Flutbett und dienen zum selbsttätigen Heben von Wasser. Fausto

Veranzio beschreibt 1616 ebenfalls ein horizontales Wasserrad mit Klappschaufeln für eine Mühle im Fluß, und von einem Löffelrad, das Bernard Forest de Bélidor 1737 in seiner «Architecture hydraulique» abbildet, heißt es dort, derartige Räder gäbe es vorwiegend in der Provence und in der Dauphiné.

Um diese Zeit – im 18. Jahrhundert – beginnen sich auch einzelne Forscher mit der Theorie der Wasserturbinen zu beschäftigen – was leicht zu verstehen ist, denn damals war ja das Interesse für Mechanik außerordentlich groß. Das Wort «Turbine» taucht damals allerdings noch nicht auf; es kommt erst 1824 in Gebrauch. Daniel Bernoulli (1700–1782) – Mathematiker, Anatom, Botaniker und Physiker, einer der zahlreichen Angehörigen der bis heute in der Schweiz blühenden Gelehrtenfamilie – gab 1738 eine Theorie der Reaktionswirkung eines aus einem Gefäß strömenden Wasserstrahles, und der Göttinger Mathematiker und Physiker Johann Andreas Segner (1704–1777) konstruierte, auf diesen Erkenntnissen fußend, sein «Reaktionsrad» und veröffentlichte 1750 zwei Vorschläge für «hydraulische Maschinen»; noch im gleichen Jahr ließ er ein solches Rad zum Betrieb einer Getreidemühle in Nörten unweit von Göttingen ausführen. Zur selben Zeit stellte der große Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783) eine vollständige Theorie auf und gab zugleich Verbesserungen für das Segnersche Rad an, indem er die umlaufenden Rohre doppelt krümmte und sie zu «Kanälen», die durch Schaufeln voneinander getrennt werden, zusammenlegte. Außerdem erdachte er den sogenannten Leitapparat: Festliegende, zu einem vollständigen Ring sich zusammenschließende Leitschaufeln führen das Wasser dem Laufrad derart zu, daß ein stoßfreier Übergang des Wassers ohne plötzliche Geschwindigkeitsänderung stattfindet. Euler darf deswegen als der Erfinder der modernen Vollturbine bezeichnet werden, bei der die Wirkung durch ein Leit- und ein Laufrad sowie durch in diese eingesetzte Schaufeln hervorgerufen wird, die unter bestimmten Winkeln stehen müssen.


Segner-Rad und Euler-Turbine

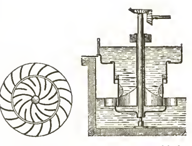
Praktische Anwendung in größerem Maßstab fand die Wasserturbine jedoch erst im 19. Jahrhundert. Nach unzureichenden Versuchen von Burdin (1824) – von ihm stammt die Bezeichnung «Turbine» – und Jean Victor Poncelet kam erst Benoit Fourneyron (1802–1867), ein Schüler

Burdins, 1827 mit einem praktisch brauchbaren horizontalen Wasserrad zu vollem Erfolg. Die erste dieser Überdruck-Reaktionsturbinen wurde 1832 bei Besançon aufgestellt. Die Wirkungsweise der Fourneyron-Turbine beruht darauf, daß das Aufschlagwasser in eine sogenannte Radstube geleitet wird; in ihrer Mitte befindet sich ein zylindrischer Schacht, in dem die Turbine sitzt. Das Wasser fließt durch die Leitkurven gegen die Turbinenschaufeln und wird durch diese gezwungen, sich auf ihrer Fläche entlang krummlinig zu bewegen, wobei es Druck auf die Schaufeln ausübt, die ihrerseits das Rad in Bewegung setzen. Fourneyron erhielt 1833 für seine Konstruktion einen schon seit Jahren ausgesetzten Preis, um den sich vorher Poncelet vergeblich beworben hatte. In seiner Preisarbeit konnte Fourneyron bereits auf drei fertiggestellte, wohlgelungene Turbinenanlagen hinweisen, die bis zu 80% Wirkungsgrad gehabt haben sollen. Nahezu einen so hohen Wirkungsgrad erreichte er jedenfalls im Jahre 1840 mit seiner Anlage in St. Blasien; bei dieser wurde eine gußeiserne Rohrleitung verwendet, die das Aufschlagwasser mit einem Gefälle von 108 m zwischen Ober- und Unterwasser einem kleinen vertikalen Laufrad von nur 550 mm Durchmesser und 2300 Umdrehungen in der Minute zuführte. Die Anlage leistete 30 bis 40 PS und war von größter Bedeutung für die Entwicklung des Turbinenbaues.

Ein anderes Turbinensystem erfand 1837 – also fast gleichzeitig mit Fourneyron – der damalige Oberbergrat Carl Anton Henschel (1780 bis 1861) in Kassel: die Achsialturbine, nach dem Erfinder «Henschelturbine» genannt. 1841 wurde die erste in einer Steinschleiferei zu Holzminden in Betrieb genommen. Die Achsialturbine wird vom Wasser in Richtung der Turbinenachse durchflossen. Fourneyrons Konstruktion hingegen war eine Radialturbine, bei der das Wasser von innen nach außen (oder umgekehrt) fließt. Die Henschelturbine läuft auch nicht, wie die von Fourneyron, im Unterwasser. Das Turbinenrad liegt vielmehr unter dem Leitkurvenapparat, und darunter ist luftdicht ein weites Rohr angeschlossen, das in das Unterwasser eintaucht. Das Wasser strömt von oben durch die Leitkurven in das Turbinenrad und fließt aus diesem nach unten ab. Die unter dem Rad in dem luftdichten Rohr hängende Wassersäule wirkt saugend, so daß die volle Differenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel zur Wirkung gelangt.

Nach Frankreich und Deutschland kamen nunmehr die Angelsachsen zum Zuge. Der Engländer James B. Francis (1815–1892), der in den Vereinigten Staaten von Amerika Schleusen und Kanäle baute, veröffentlichte 1855 nach langjährigen Vorstudien ein grundlegendes Werk – «The Lowell Hydraulic Experiments» – über Wasserkraftanlagen und dynamometrische Versuche mit Turbinen verschiedener Systeme. In diesem Buch

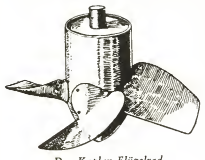
hat Francis auch eine eigene Konstruktion veröffentlicht, die «Francis-Turbine». Diese leistete bei voller Beaufschlagung 136 PS mit einem Wirkungsgrad von 80 %, der allerdings bei geringerer Beaufschlagung auf 38 % absank. Francis-Turbinen sind reine Radialturbinen. Swain verlegte 1869 die Ablenkung des Wassers in das Laufrad selbst, so daß es nun radial eintritt und axial in der Richtung des Saugrohrs austreten kann.



Fourneyron hat die erste wirklich brauchbare Wasserturbine geschaffen

Damit war die heute noch verwendete Form der Francis-Turbine geschaffen, die sich alsbald überall, auch in Europa, einführte.

Wichtig für die weitere Entwicklung der Turbinen, die immer mehr Typen mit immer größerer Leistungsfähigkeit entstehen ließ, wurde die Kaplanturbine, so genannt nach dem Brünner Professor Viktor Kaplan (1876–1934). Langwierige theoretische Vorarbeiten, die 1908 in Kaplans Buch über den Bau rationeller Francis-Turbinen-Laufräder ihren Niederschlag fanden, führten Ende 1912 zum Abschluß der Konstruktionsarbeiten; 1918 wurde die erste Kaplanturbine in Brünn gebaut und im folgenden Jahr zu Velm in Niederösterreich mit gutem Ergebnis in Betrieb gesetzt. Kaplan hatte die wohlerprobte Form des Francis-Laufrades völlig verändert. Die gesamte Beschaufelung war ziemlich radial geformt, so daß sie von der Nabe abstand. Hatten in Kaplans ersten Entwürfen die Laufräder, die er «Flügelräder» nennt, noch 12 und 8 Schaufeln, so verringerte er die Zahl allmählich auf 6, auf 4 und schließlich sogar auf 2. Die neuen Räder zeigten gute Wirkungsgrade bei normaler Wassermenge, bei kleinerer Beaufschlagung jedoch befriedigten sie nicht. Diesem Mangel half Kaplan durch drehbare, propellerartig geformte Flügel der Laufräder ab, die den wesentlichsten Bestandteil des neuen Wasserturbinentyps bildeten. Diese drehbaren Laufschaufeln ließ sich Kaplan 1913 durch ein Reichspatent schützen. Die Kaplanturbine wird dort benutzt, wo man es mit der Ausnutzung kleiner Gefälle bei möglichst hoher spezifischer Drehzahl zu tun hat.



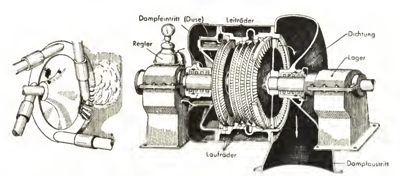
Das Kaplan-Flügelrad

Die Idee, Wasserdampf statt des Aufschlagwassers als Antriebsenergie

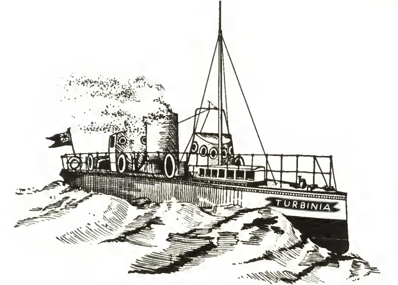
wirken zu lassen, so daß direkt eine rotierende Bewegung entsteht, findet sich schon in primitiver Form bei Giovanni Branca im Jahre 1629 skizziert (s. S. 105). Dieses Bild gibt die Urform der Dampfturbine. Der schwedische Erfinder Carl Gustav Patrik de Laval fußte 1883 mit seinem Dampfrad auf dieser Idee. Sein Rad wurde von einem oder mehreren Dampfstrahlen beaufschlagt und dadurch in eine so rasche Umdrehung versetzt, daß die kritische Umlaufzahl erheblich überschritten wurde: sie machte 20000 bis 30000 Umdrehungen in der Minute bzw. 400 pro Sekunde. Um überhaupt an eine praktische Verwendung denken zu können, mußte die Umlaufgeschwindigkeit durch Zahnradvorgelege gebremst werden.

Auf eine Dampfturbine anderer Art erhielt nach langjähriger Vorarbeit Charles Algernon Parsons (1854–1931) im Jahre 1884 zwei grundlegende englische Patente: Nr. 6734 und 6735, und zwar für seine Dampfturbine und für den Gedanken, elektrische Generatoren damit anzutreiben. Parsons suchte das Dampfgefälle, d. h. die Expansionsfähigkeit des Dampfes, in eine Anzahl Einzelgefälle aufzuteilen, was einer Hintereinanderschaltung mehrerer Einzelturbinen gleichkommt. Dadurch wird auch die Geschwindigkeit unterteilt, so daß die Drehzahl der Turbine sinkt. Sie konnte unmittelbar mit dem Stromerzeuger gekuppelt werden. Zu Gateshead baute Parsons 1883 seine erste Versuchsmaschine von 6 PS, die zum Antrieb einer Dynamomaschine diente. 1890 gründete er zu Heaton bei Newcastle-on-Tyne sein eigenes Werk: Parsons & Co. und entwarf eine neue Turbine mit radial einströmendem Dampf (Patent von 1894). In der Folge wurde die Parsonsturbine mit großem Erfolg im Zusammenhang mit dem Elektromaschinenbau und großen Kraftwerken benutzt.

Aus der Verbindung des Lavalschen Prinzips der Gleichdruckräderturbine und des Parsonsschen Prinzips der Vielstufigkeit entwickelten sich



Lavals Dampfrad von 1883 und die Dampfturbine, wie sie vor allem durch Parsons Arbeiten Gestalt gewonnen hat



Das erste Turbinenschiff der Welt, die «Turbinia» von Parsons

in der Folge neue Turbinenarten, wie die wenigstufige Curtis-Turbine mit mehrstufigen Geschwindigkeitsrädern, und die vielstufigen Gleichdruckturbinen von Auguste Rateau und H. Zoelly. Charles Gordon Curtis' Dampfturbinen wurden von der General Electric Company zu Shenectady nach seinen Patenten gebaut. Rateau baute 1897 eine vielstufige Gleichdruckdampfturbine, die 1900 auf der Pariser Weltausstellung große Beachtung fand. Eine Weiterentwicklung bedeutete Zoellys Dampfturbine mit einer Schaufelgeschwindigkeit von rund 600 m/s. Seine erste (Versuchs-)Turbine stammt von 1903. Schon diese wurde ausschließlich mit axial durchströmten Gleichdruckstufen versehen, die als «Zoellystufe» bezeichnet wurde. Die Schweizer Firma Escher & Wyss, der Zoelly als Ingenieur angehörte, hat seine Maschinen gebaut.

Parsons begann um 1894 sich für die Verwendung seiner Dampfturbine als Schiffsmaschine zu interessieren. In diesem Jahre ließ er ein kleines Modellschiffchen von 2 Fuß Länge auf einem Teich bei Ryton-on-Tyne erfolgreich fahren. Und 1897 stattete er eine kleine Barkasse «Turbinia», die 30 m lang war und eine Verdrängung von 44 Tonnen hatte, mit seiner Turbine aus. Sie wurde zu einer Sensation. Denn sie erzielte eine Stundengeschwindigkeit von 33 Knoten. Bei einer großen Flottenschau zu Spithead im Jahre 1897 erlebte Parsons einen großen Triumph, als er mit 34 Knoten Stundengeschwindigkeit die Leistung des schnellsten Zerstörers von 27 Knoten weit übertraf. Die englische Admiralität

erteilte ihm daraufhin den Auftrag auf einen Torpedobootzerstörer, die «Viper», die 31 Knoten schaffte, und auf einen zweiten größeren, die «Cobra», die es sogar auf 37,113 Knoten brachte. 1905 entschloß sich die britische Admiralität, für alle Typen von Kriegsschiffen ausschließlich die Dampfturbine anzuwenden. Die berühmte «Dreadnought», 1905 gebaut, war das erste Turbinen-Schlachtschiff. Doch schon vorher – 1901 – war das erste Handelsschiff, das Clyde-Fahrgastschiff «King Edward», mit Dampfturbinen ausgerüstet worden. Im Jahre 1904 lief der erste deutsche Turbinendampfer von Stapel, der kleine Kreuzer «Lübeck».

Die Gasturbine schließlich ist eine Verbrennungsturbine; wie die Dampfturbine verwandelt sie Wärmeenergie in Drehbewegung ohne den Umweg über den Kohlenbetrieb der Dampfmaschine oder des Verbrennungsmotors. Auch auf diesem Gebiet wissen wir von frühen Projekten. So hat ein gewisser John Barber schon 1791 erstmals ein britisches Patent auf eine solche Konstruktion genommen. Sicherlich war dieses Patent jedoch nicht in die Praxis umzusetzen. Im Jahre 1872 entwarf Stolze in Berlin eine Heißluftturbine, die bereits alle wesentlichen Teile moderner Maschinen, etwa den Luftvorwärmer und vielstufige Axialverdichter, enthielt. Ernsthafte Versuche wurden aber erst nach 1903 von R. Armengaud und Ch. Lemale in der Pariser «Societé anonyme des Turbomoteurs» durchgeführt, freilich noch ohne besondere Nutzleistung. Seit 1905 entwickelte dann H. Holzwarth seine Explosionsturbine: Ein Gemisch von Luft mit gasförmigem oder vergastem flüssigem Brennstoff wird in einem geschlossenen Verbrennungsraum mit gesteuerten Ein- und Auslaßventilen verbrannt. Über die Auslaßventile strömen die Verbrennungsgase der Brennkammern dem Leitschaufelkranz zu. In den Jahren nach 1913 gelang es Holzwarth, seine Turbine so weit fortzuentwickeln, daß 1934 eine Maschine von 2000 Kilowatt Nutzleistung als erste praktisch verwendete Gasturbine in Betrieb kam. Die Vorteile einer solchen Maschine sind: wesentlich geringeres Gewicht, verminderter Raumbedarf, ruhiger und erschütterungsfreier, gleichförmiger Gang, höhere Tourenzahlen, niedrigerer Schmierölverbrauch im Vergleich zur Kolbenmaschine, Fortfall der gesamten Kesselanlage und größere Wirtschaftlichkeit. Wie die Gasturbine den Flugzeugbau revolutionär verändert hat, ist auf Seite 370 dargestellt.

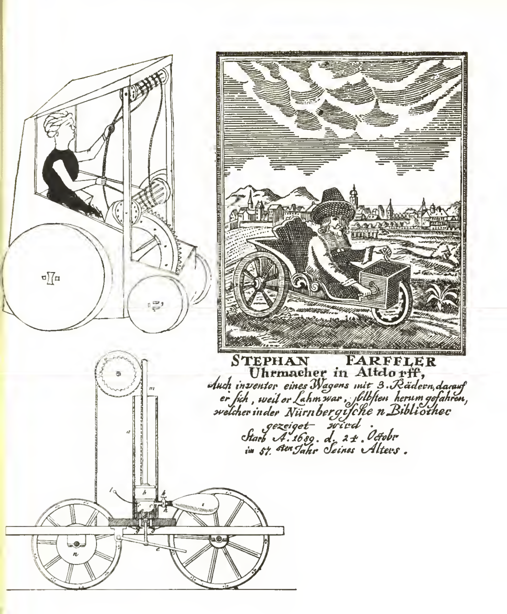
Schon in alter Zeit haben immer und immer wieder gescheite Köpfe an dem Problem des «Kraftwagens» getüftelt und gebastelt. Unsere Abbildung zeigt drei solcher «Ahnen» unserer Autos. Daß jedoch die eigentliche Geschichte des Kraftwagens mit Gottlieb Daimler und Karl Benz beginnt, weiß heute jeder Bub. Fast vergessen aber ist ein Mann, dem das Schicksal wiederum die Rolle des «Vorgängers» auferlegt hat; nur die Fachleute kennen den Namen dieses Mannes, und im Technischen Museum zu Wien steht noch heute der mit einem Benzinmotor angetriebene Kraftwagen von 1875, das erste, echte Auto, das Siegfried Marcus (1831–1898) erdacht und gebaut hat: 10 Jahre vor Daimlers Motor-Zweirad und vor dem «Patent-Motorwagen» von Benz (s. Tafel S. 137)!

Im Jahre 1852 ging der 21 Jahre alte, aus Malchin in Mecklenburg stammende Mechaniker Siegfried Marcus nach Wien, nachdem er zeitweilig in der Berliner Werkstatt von Halske gearbeitet hatte. 1860 gründete er in Wien eine eigene Werkstätte für Apparatebau. Marcus hat sich mit allem Möglichen beschäftigt – mit Elektrotechnik, mit Gastechnik, mit Kraftmaschinen, mit Telegraphie – und zahlreiche Patente und Privilegien erworben. Von 1861 an widmet er sich der Vervollkommnung der Gasmaschine, in der er «die beste Betriebskraft für alle Arten industrieller Zwecke, insbesondere für die Kleinindustrie, Landwirtschaft, Pumpwerke, Aufzüge, elektrische Lichtanlagen, ferner zum Betrieb aller Arten Fahrzeuge zu Wasser und zu Lande» erkannt hatte. Schon 1864 versucht er, seinen Motor auf einem kleinen hölzernen Handwagen so anzubringen, daß dieser von der Maschine angetrieben wird. 1870 gelingen ihm mit einem verbesserten Gefährt nächtliche Probefahrten in den Straßen Wiens, aber die Polizei verbietet ihm wegen des Motorenlärms weitere Versuche. 1873 führt er seinen Kraftwagen auf der Wiener Weltausstellung vor, und 1875 baut er ein weiter verbessertes Fahrzeug, eben das, das man noch jetzt im Wiener Technischen Museum für Industrie sehen kann. An diesem Wagen sind bereits die grundlegenden Anordnungen verwendet, die das Wesen des mit einem Benzinmotor ausgestatteten Automobils ausmachen: Außer dem Motor selbst die durch Schnecke und Handrad gelenkten Vorderräder, die ausrückbare Kupplung zwischen Maschine und Laufrädern, die Bedienung dieser Kupplung mittels Fußpedal, die Lagerung der Betriebsmaschine am Vorderteil des Wagens und die Regulierung der Fahrgeschwindigkeit durch drei verschiedene Übersetzungsverhältnisse zwischen Maschine und Rädern. In dem von Marcus erfundenen «Carburateur», der das Benzin mit Hilfe einer Scheibenbürste in feinste Tröpfchen zerstäubt, so daß es, vom durchgesaugten Luftstrom mitgenom-

men, vergast wird, besitzt der Motor auch schon einen regelrechten Vergaser mit Wasserkühlung. Auf diesen Bürstenvergaser erhielt Marcus 1882 ein deutsches Reichspatent. Seine Maschine war ein Benzin-Explosionsmotor nach dem Viertaktsystem, der wohl noch langsam lief und schwer war, sich aber im übrigen in einem durchaus betriebsfähigen Zustand befand. Sehr interessant ist weiter die Tatsache, daß Marcus auch schon eine magnet-elektrische Zündung benutzt hat. Zum 75jährigen Jubiläum, im Jahre 1950, wurde der Marcuswagen in seine Einzelteile zerlegt, gesäubert, in Ordnung gebracht und wieder zusammengesetzt: Er fuhr! Zahlreiche Festgäste waren in Wien Zeugen dieser Fahrt nach einem Dreivierteljahrhundert, und auch in Stockholm hat man das «Ur-Auto» im Betrieb vorgeführt. Der Benzinwagen des Mechanikers Marcus ist also wirklich als der Ahnherr aller Autos anzusehen. Die weitere Entwicklung hat er jedoch nicht beeinflußt, denn Marcus hat nie ein Patent auf seinen Wagen angemeldet, und er hat es auch unterlassen, seine Erfindung industriell auszuwerten.

Der entscheidende Schritt zum Kraftwagen von heute war vielmehr Gottlieb Daimlers schnellaufende Verbrennungskraftmaschine. Am 17. März 1834 wurde Gottlieb Daimler als zweiter Sohn des Bäckermeisters Johannes Daimler in Schorndorf bei Stuttgart geboren. Einen Beamten möchte Vater Daimler aus seinem Buben machen – den aber zieht es zum Basteln und Tüfteln, zu Werkbank und Zeichentisch. So wird Gottlieb Daimler Büchsenmacherlehrling, arbeitet als Geselle in Stuttgart und Grafenstadt und besucht dann zwei Jahre lang die Polytechnische Schule in Stuttgart, aus der die heutige Technische Hochschule hervorgegangen ist. Durch seinen Fleiß ebenso wie durch seine hohe Begabung fällt der junge Mann auf, und ein staatliches Stipendium gibt ihm die Möglichkeit zu einem Auslandsaufenthalt. Zwei Jahre lang schafft Daimler als Vorarbeiter und Meister bei den führenden Firmen des Maschinenbaues in Frankreich und England. Mit reichen Kenntnissen und Erfahrungen kehrt er im Jahre 1863 in die Heimat zurück und wird Werkstättenvorstand der Maschinenbauanstalt des Bruderhauses in Reutlingen. Hier lernt er Wilhelm Maybach kennen, der als Waise im Bruderhaus aufgewachsen ist, und gewinnt in dem zwölf Jahre Jüngeren einen hochbefähigten Mitarbeiter und treuen Freund.

Daimler holt Maybach nach Karlsruhe, wo er im Jahre 1868 die Leitung der Maschinenbau-Gesellschaft übernommen hat, und unzertrennlich bleiben sie auch, als Langen und Otto den nun schon als Fachmann von hohen Graden bekannten Daimler nach Deutz berufen. Zehn Jahre lang, von 1872 bis 1882, wendet Daimler all sein Wissen und Können an die Verbesserung der Gasmotoren, die sich allenthalben durchsetzen. Der wirt-



Drei von den vielen Vorläufern des Autos: Ein «Kraftwagen» aus einer Handschrift von Fontana (1420), ein «Dreirad» aus der Zeit um 1655 und die Patentzeichnung für Rivaz' Wagen mit Gasmaschine von 1807

schaftliche Erfolg bleibt nicht aus – Daimler, nunmehr schon siebenundvierzig Jahre alt, kann sich endlich selbständig machen, um sich ganz dem Lieblingsgedanken widmen zu können, der wohl über seinem täglichen Umgang mit den langsam laufenden und nur stationär zu verwendenden Gasmotoren gereift ist. Einen schnellaufenden Motor will er schaffen, der große Leistung mit kleinstem Raumbedarf und niedrigstem Gewicht vereinigt und so erst die Voraussetzungen für den Einbau in Fahrzeuge bietet.

Schon in Deutz hatte Daimler die «Glührohrzündung» erfunden, die er sich ab 16. Dezember 1883 durch ein deutsches Reichspatent schützen läßt. Auf ihr beruht im wesentlichen das Prinzip seines Motors, das nach der Patentschrift darin bestand, «in einem geschlossenen, wärmegekühlten Raum am Ende eines Zylinders Luft mit brennbaren Stoffen gemischt durch einen Kolben zusammen- und gegen die heißen Wände des Raumes so zu pressen, daß am Ende des Kolbenhubs durch die Wirkung der Kompression eine Selbstentzündung und rasche Verbrennung des Gemisches eintritt, und die dadurch entstandene Spannung als Triebkraft zu verwenden». In einer höchst bescheiden eingerichteten Werkstätte zu Cannstatt wird der Gedanke in die Wirklichkeit umgesetzt. Freund Maybach steht wiederum treu zur Seite; der Stuttgarter Glockengießer Heinrich Kurz baut den ersten, noch ortsfesten Petroleummotor mit liegendem, luftgekühltem Zylinder und schmiedeeisernem Schwungrad. Im August 1883 läuft der Motor an. Damals hatte man es in Deutz auf knapp zweihundert Umdrehungen in der Minute gebracht; kam man darüber, so «purzelten



Wenige Jahre bevor Daimler und Benz ihre Motorwagen fertigstellten, fuhr diese ungefüge «Dampfkalesche» von Bollée durch Berlin. Hier die Probefahrt 1880 auf der Charlottenburger Chaussee

die Zündungen durcheinander». Daimlers Motor aber macht neunhundert Umläufe in der Minute. Und schon das dritte Versuchsmodell wird mit Erfolg in ein Fahrzeug eingebaut: Im November 1885 knattert und klappert ein hölzernes zweirädriges Fahrrad mit Eisenbereifung durch den Garten des Daimlerschen Anwesens – das erste Motorrad der Welt, auf das Daimler am 29. August 1885 ein DRP nimmt.

Dieses Fahrzeug, das 90 kg wog, erreichte mit einem Motor von 0,5 PS eine Stundengeschwindigkeit von 12 km. Es besaß ein zweistufiges Riemenscheibenpaar, also zwei Gänge, die durch Umlegen des Riemens von Hand aus im Stillstand geschaltet wurden. Daimler hat den damit eingeschlagenen Weg nicht weiter verfolgt. 9 Jahre später – 1894 – stellten dann Heinrich Rupert Hildebrand und Alois Wolfmüller in München ein Motorzweirad mit Benzinmotor her, das sich aber nicht bewährte; Hildebrands Motorradfabrik, die von 1894 bis 1900 existiert hat, war die erste ihrer Art. Das Wort «Motor-Rad» ließ Hildebrand sich patentamtlich schützen. Erst den Franzosen Comte Albert de Dion und Georges-Thadée Bouton gelang es 1897, ein verhältnismäßig brauchbares Motorrad zu konstruieren. Frankreich und England wurden die Länder, die das Motorrad weiterentwickelten, bis ihnen die deutsche Industrie folgte.

Daimlers Motor bewährt sich auch beim Einbau in ein Boot, und ab 4. März 1887 fährt bereits ein vierrädriger Daimler-Wagen mit einer Geschwindigkeit von achtzehn Kilometer in der Stunde durch Cannstatt und Stuttgart, eine Pferdekutsche ohne Deichsel, angetrieben von einem einzylindrigen Motor mit einer Leistung von anderthalb Pferdekräften.

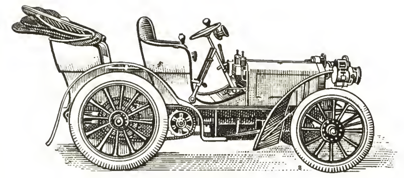
Daimlers Gefährt ist nicht der erste deutsche Motorwagen; in Mannheim fährt seit einem Jahr Karl Benz mit seiner dreirädrigen Motorkutsche spazieren (s. S. 332). Sie haben sich nie gesehen, haben nie ein Wort miteinander gesprochen, die beiden Begründer der Kraftfahrt – Daimler, der den schnellaufenden Motor geschaffen hat, und Benz, der nach Marcus als erster bewußt einen neuen Fahrzeugtyp entwickelt hat, der mehr war als nur ein motorgetriebener Pferdewagen.

Schon 1886 hatte Daimler den Betrieb vergrößert, und 1890 wurde die «Daimler-Motoren-Gesellschaft» gegründet, aus der aber Daimler und Maybach wegen Meinungsverschiedenheiten mit den anderen Gesellschaftern alsbald wieder ausscheiden. 1891 errichtet Gottlieb Daimler dann gemeinsam mit Maybach eine neue Versuchswerkstatt und widmet sich ausschließlich der Verbesserung seines Motors, zu dem Maybach 1892 den Spritzvergaser mit Schwimmerregelung beisteuert. 1891 baut die «Daimler-Motoren-Gesellschaft» den ersten Lastkraftwagen mit einem 4-PS-Motor, zwei Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang.

Der Erfolg aber, um den Daimler ebenso wie Benz so sehr gerungen

hatte, bleibt aus; in Deutschland will niemand etwas von ihnen wissen, Frankreich jedoch ist dem Kraftwagen aufgeschlossen. In Paris findet im Jahre 1889 die erste große Automobil-Ausstellung statt, und in Frankreich siegt 1894 in dem ersten Internationalen Automobil-Rennen ein von Panhard & Levassor nach Daimlerpatenten gebauter Wagen. Von 102 Fahrzeugen – 38 Benzinwagen, 39 Dampfwagen, 5 elektrisch und 5 mit Preßluft betriebenen Wagen – kommen nur 15 ans Ziel, darunter ein Benzwagen, an ihrer Spitze aber liegt ein Daimler. Die hundertsechsundzwanzig Kilometer lange Strecke Paris–Rouen–Paris legt er in der für die damaligen Verhältnisse unglaublich klingenden Zeit von «nur» fünf Stunden und fünfzig Minuten zurück. Achtzigtausend Goldfranken sind der Preis für diesen großen Sieg, dem nun der schnelle Aufstieg der «Daimler-Motoren-Gesellschaft» folgt. Zwei Jahre später führt eine zehntägige Fahrt von Paris nach Marseille und zurück über 1711 km. Drei Wagen mit Daimlermotoren waren die Sieger.

Im Jahre 1895 erzielt Daimler eine Verständigung mit der «Daimler-Motoren-Gesellschaft». Er tritt in den Aufsichtsrat der Gesellschaft ein, Maybach wird technischer Direktor. Nunmehr sind in der weiteren Entwicklung schnelle Fortschritte zu sehen. Bereits zwei Jahre nach Daimlers Wiedereintritt in die von ihm einst geschaffene Gesellschaft, im Mai 1897, fahren die ersten Taxis durch Stuttgart. Die «Daimler-Motorwagen-Kutscherei» hält sich in einer Anzeige «hohen Herrschaften, Offizieren, Jagd- und Sportgesellschaften sowie jedermann zur gefl. Benützung bestens empfohlen. Diese hocheleganten Fahrzeuge, fein gepolstert, mit Schutz gegen Sonne und Regen, und Heizung bei kühler Witterung, werden von geübten Leuten in Livree sicher geleitet». Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, daß schon ein Jahr vorher, 1896, auch in Paris eine Auto-Taxe fuhr, ein Benzwagen. Über ihn konnte man damals lesen: «Paris wird aufhören, die Hölle der Pferde zu sein, es wird ihr Paradies werden und dies wird für die Menschheit ein Fortschritt sein» – ein Optimismus, der uns heute etwas bitter lächeln läßt. Im Jahre 1900 wird von Daimler unter Mitwirkung seines Sohnes Paul und Maybachs als Spitzenleistung ein Wagen herausgebracht, der nach der Tochter des begeisterten Sportsmanns Emil Jellinek «Mercedes» genannt wird. Jellinek hatte durch unermüdliche Werbung und zahlreiche Anregungen einen großen Anteil am Zustandekommen dieses Wagens, der vorbildlich geworden ist für die Gestaltung des neuzeitlichen Personenkraftwagens. Der «Mercedes» hatte einen vornliegenden Vierzylindermotor von 35 PS, Spritzvergaser, magnet-elektrische Zündung und schrägliegendes Steuerrad und war mit Pneumatiks ausgestattet, die für Kraftwagen erst 1897 im Handel auftauchten, obwohl sie bereits seit 1895 von den



Der erste Mercedes

Gebrüdern Michelin in Paris entwickelt worden waren. Die Höchstgeschwindigkeit des «Mercedes» betrug damals 72 km in der Stunde. 1901 erzielte Wilhelm Werner in Frankreich die ersten großen Rennerfolge. Doch diese Früchte seines Ringens zu ernten blieb Gottlieb Daimler versagt; am 6. März 1900 ist er, 66 Jahre alt, gestorben, im gleichen Jahr, da mit dem ersten in Cannstatt gebauten «Mercedes» jener Kraftwagentyp entstanden war, der von nun an auch die äußere Gestalt des Automobils beherrscht. Ein Daimler-Motor steht aber auch am Anfang des Motorflugs. Denn schon im Jahre 1888 wird das Versuchsluftschiff des Leipziger Buchhändlers Dr. Wölfert (s. S. 341) mit einem solchen angetrieben.

Unabhängig von Daimler und fast gleichzeitig mit ihm hat Karl Benz (1844–1929) an der Entwicklung eines Kraftwagens gearbeitet. Von früher Jugend an hat er davon geträumt, «ein Fahrzeug herzustellen, das ohne Pferde, ähnlich wie die Züge auf den Schienen, sich auf der Landstraße schienenlos bewege». Wir wissen auch, wie er auf diese Gedanken gekommen ist: Durch ein Modell des allerersten Fahrzeugs, dessen Räder mit motorischer Kraft getrieben wurden. Fast ein Jahrhundert vor Cugnot, der 1770 mit seinem Dampfwagen durch die Straßen von Paris rasselte (s. S. 159), im Jahre 1678, hatte der am Hof des chinesischen Kaisers in Peking als «Präsident des mathematisch-astronomischen Tribunals» wirkende Jesuitenpater Ferdinand Verbiest «einen zwei Fuß langen, vierrädrigen, sehr beweglichen Wagen aus leichtem Holz» angetrieben, indem «der durch die enge Öffnung der Dampfkugel heftig gegen die Flügel eines Schaufelrades getriebene Dampf dem Rad eine beschleunigte Drehung aufzwang», die durch Zahnräder auf die Laufachse des Wagens übertragen wurde. Diese Erfindung des gelehrten Paters hätte kaum mehr Wert als manche andere Kuriosität der Technikgeschichte,

stünde sie nicht in seltsamer Verknüpfung mit der des Kraftwagens: Vor einem Modell nämlich des Verbiestschen Dampfwagens, das sich im Physikalischen Kabinett des Karlsruher Gymnasiums befand, hat sich der Schüler Karl Benz seine ersten Gedanken über einen «selbstfahrenden Wagen» gemacht.

Am 25. November 1844 in Karlsruhe geboren, ist Karl Benz noch keine zwei Jahre alt, als sein Vater, Lokomotivführer auf der drei Jahre zuvor eröffneten Strecke Karlsruhe-Heidelberg, an einer Lungenentzündung stirbt, die er sich im Dienst zugezogen hat. Die Lokomotive, die fahren zu dürfen der Vater so stolz gewesen war, die dann «die Mutter so namenlos unglücklich gemacht hat», macht den Buben, dessen Spiele sich um nichts anderes drehen als um Eisenbahnen, «restlos glücklich». Aber schon während der Schulzeit – die Mutter bringt mit ihrer kärglichen Witwenrente das Kunststück zuwege, ihren Jungen auf das Karlsruher Gymnasium zu schicken – bewegt ihn seine Lieblingsidee, «die Lokomotive auf die Straße zu stellen». Mit siebzehn Jahren geht Karl Benz als Student der Maschinenkunde auf das Karlsruher Polytechnikum. Der große Ferdinand Redtenbacher, «in dessen Vorlesungen man die Maschinen gleichsam laufen hörte», und Franz Grashof, der erste Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure, sind seine Lehrer, und unvergessen bleibt, was sie ihm mitgeben: Redtenbachers harte Kritik an der Dampfmaschine, Grashofs zukunftsweisende Anregungen zur Theorie und Praxis der Gasmotoren, die seit Lenoirs Erfindung im Jahre 1860 so viel von sich reden machen.

Nach beendetem Studium stellt sich Karl Benz am 1. August 1884 «als gewöhnlicher Arbeiter an Schraubstock und Drehbank», denn er sagt sich, «um allen Anforderungen der Zukunft gerecht zu werden, muß man unten, ganz unten bei den Grundlagen anfangen». Von morgens sechs bis abends sieben Uhr mit nur einer Stunde Mittagspause schafft er zweieinhalb Jahre lang als Schlosser in der Maschinenbau-Gesellschaft Karlsruhe. Er ist froh, mit seiner Handarbeit der Mutter, die so viele Opfer für ihn gebracht hat, helfen zu können. Die Feierabendstunden aber gelten wieder seinem Steckenpferd, der schienenlosen Lokomotive. Er ahnt nicht, «daß das, was er in seinem Inneren erwog und konstruktiv zu Papier brachte, in England und Frankreich lange vor ihm praktische Form und Gestalt angenommen hatte als Straßenlokomotive. Zur Ausführung aber fehlt so ziemlich alles, Geld, Zeit und Gelegenheit».

Im Jahre 1867 wird Benz Konstrukteur im technischen Büro von Johann Schweizer Söhne in Mannheim, und auch während er dort Krane zeichnet und sich in seinen Mußestunden auf einem der ersten primitiven Fahrräder «die Knochen schütteln» läßt, grübelt er an seinem Problem

herum. Die Erfahrungen mit dem Fahrrad lehren ihn zweierlei: «Erstens durfte mein Ideal nicht zwei Räder bekommen, das war zu wenig. Zweitens mußte unter allen Umständen die Menschenkraft ersetzt werden durch Maschinenkraft. Aber wie? Das war die Frage, die mich dann beschäftigte.»

Während seiner Tätigkeit als Werkführer und Zeichner bei der Pforzheimer Maschinenfabrik Benckiser lernt Karl Benz Bertha Ringer kennen, die als seine tapfere und nie verzagende Lebensgefährtin seinem «schöpferischen Ringen und Schaffen wie eine zweite Triebfeder gegen hemmende Widerstände immer wieder neue Spannkraft» verleiht. Denn nun beginnt Benz eigene Wege zu gehen. Er gründet am 5. August 1871 in dem damals mächtig sich entfaltenden Mannheim eine «Mechanische Werkstätte». Der geschäftliche Erfolg allerdings bleibt zunächst aus. Allen Sorgen und Widrigkeiten zum Trotz aber wendet er sich dem «Pfadfinder zu, der glückverheißend in die Zukunft wies», dem Gasmotor, denn er ist überzeugt, daß dieser trotz aller Kinderkrankheiten berufen sei, «als leistungsfähiger Konkurrent neben die Dampfmaschine zu treten und für den Antrieb von Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen die allergrößte Rolle zu spielen». Der letzte Groschen wird in das erste Modell des Zweitaktmotors gesteckt. Benz hat selbst die entscheidende Stunde geschildert: «Es war an einem Silvesterabend – am 31. Dezember 1879 –, die Sorge stand vor der Tür. So viele Male wir auch die Maschine schon angedreht hatten, so oft wurden unsere hochgespannten Hoffnungen und Erwartungen von dem ‚taktlosen' zerstört. Nach dem Nachtessen sagte meine Frau: ‚Wir müssen doch noch einmal hinüber in die Werkstätte und unser Glück versuchen. In mir lockt etwas und läßt mir keine Ruhe'. Und wieder stehen wir vor dem Motor wie vor einem großen Geheimnis. Mit starken Schlägen pocht das Herz. Ich drehe an. Tät – tät – tät antwortet die Maschine. In schönem, regelmäßigem Rhythmus lösen die Takte der Zukunftsmusik einander ab. Über eine Stunde lauschen wir tief ergriffen dem einförmigen Gesang. Je länger er singt, desto mehr zaubert er die drückend harten Sorgen vom Herzen. Auf einmal fingen auch die Glocken zu läuten an. Uns war's, als läuteten sie nicht nur ein neues Jahr, sondern eine neue Zeit ein, jene Zeit, die vom Motor den neuen Pulsschlag empfangen sollte.»

Geldgeber finden sich, Benz-Motoren werden ein gutes Geschäft, schon stehen 40 Arbeiter in den Räumen der Mannheimer Gasmotorenfabrik AG. Aber als Benz nun an die Verwirklichung des Motorwagens gehen will, machen die Teilhaber diese «Phantasterei» nicht mit. Benz tritt aus der Gesellschaft aus und gründet mit den Kaufleuten Rose und Eßlinger – beide Geschäftsfreunde von Heinrich Kleyers «Maschinen-

und Velociped-Handlung», der Urzelle der Adlerwerke – ein neues Unternehmen, Benz & Cie., Rheinische Gasmotorenfabrik in Mannheim. Der verbesserte Zweitakter, dessen Zündung durch einen Funkeninduktor erfolgt, setzt sich als sehr zuverlässig und wirtschaftlich im In- und Ausland erfolgreich durch. Und nun, da endlich die drückenden Existenzsorgen gebannt sind, widmet Karl Benz jede freie Minute dem Werk, dem er sich schon als Gymnasiast verschworen hat. Er ist sich klar darüber, daß es nicht nur darum geht, einem Pferdefuhrwerk die Deichsel zu nehmen und eine Antriebsmaschine einzubauen; es gilt vielmehr, einen ganz neuen Fahrzeugtyp zu schaffen. Der «Patent-Motorwagen», der im Laufe des Jahres 1885 in der Mannheimer Werkstatt entsteht und zu Anfang des Jahres 1886 seine erste Probefahrt noch unter Ausschluß der Öffentlichkeit macht, ist denn auch etwas völlig Neues, denn «in ihm trieb ein leichter Motor das bereits bis zur letzten Einzelheit als automobiles Fahrzeug durchkonstruierte Fahrgestell, und alles an diesem war für den neuen Begriff der Kraftfahrt neu erdacht» – der Viertaktmotor von 3/4 PS, der leichter als der gewichtige Zweitakter ist, ebenso wie die Vorrichtungen für Zündung und Kühlung, für Schalten und Bremsen, wie der Vergaser, die Kraftübertragung auf die Drahtspeichenräder und das Ausgleichsgetriebe, das Differential. Und nur weil Benz, wie er selbst zugibt, theoretisch mit der Steuerung eines vierrädrigen Wagens nicht ganz fertig wird, ist der erste Kraftwagen ein Dreirad.

Im Sommer 1886 glaubt Karl Benz, daß der in vielen Versuchsfahrten erprobte und verbesserte Motorwagen – für den er am 29. Januar 1886 das Patent DRP 37435 erhalten hat – nun so weit sei, die Menschen und ihre Kritik nicht mehr scheuen zu müssen. So kann denn die «Neue Badische Landeszeitung», die schon im Juni 1886 über den Bau des Benzwagens berichtet hatte, wobei «nicht bezweifelt wurde, daß dieser sich für Ärzte, Reisende und Sportfreunde als äußerst praktisch und brauchbar erweisen werde», am 3. Juli 1886 melden: «Ein mittels Ligroingas zu treibendes Velociped, welches in der Rheinischen Gasmotorenfabrik von Benz & Co. konstruiert wurde, und worüber wir schon an dieser Stelle berichteten, wurde heute früh auf der Ringstraße probiert, und soll die Probe zufriedenstellend ausgefallen sein.»

Die Antwort der Öffentlichkeit ist freilich entmutigend. Ihrem Unverständnis, ihrem Spott und Hohn aber stellt Benz den festen Entschluß entgegen, seine Erfindung durchzusetzen: «Den mutigen Glauben an die Zukunft vermochte mir keiner zu rauben, und es gab auf der Welt nur einen Menschen, der ebenso mutig glaubte und hoffte – meine Frau.» Sie ist es auch, die mit ihren beiden Buben, dem 15jährigen Eugen und dem 13jährigen Richard, ohne Wissen des Erfinders im Sommer 1888 die

erste Fernfahrt von Mannheim nach Pforzheim und zurück wagt. Von Bruchsal an gibt es viele Pannen, und bei Steigungen in den Vorbergen des Schwarzwaldes muß das Gefährt oft längere Zeit geschoben werden. In Pforzheim kommt es natürlich zu einem Menschenauflauf. Aber auch die Rückfahrt wird bewältigt – eine wirklich beachtliche Leistung der beiden Autolehrlinge! Im September des gleichen Jahres fährt Karl Benz, der inzwischen auch die ersten Auseinandersetzungen mit der Polizeibürokratie erfolgreich bestanden hat, mit seinem verbesserten «Modell 3» täglich zwei Stunden durch München. (Hier kann man das «Modell 3» noch heute im Deutschen Museum sehen.) «Die Bewunderung sämtlicher Passanten, welche sich momentan über das ihnen gebotene Bild kaum zu fassen vermochten, war ebenso allgemein als groß», schreibt die Presse. Gleichzeitig erringt er auf der Münchener Kraft- und Arbeitsmaschinenausstellung die Große Goldene Medaille, welch höchste Auszeichnung jedoch leider niemanden veranlaßt, einen Benz-Wagen zu kaufen, auch nicht, als im Frühjahr 1891 die Erfindung der Achsschenkellenkung den Bau vierrädriger «Viktoria-Modelle» ermöglicht.

Im Ausland weiß man die Erfindung besser zu schätzen. Benz verkauft Wagen vor allem nach Frankreich, aber auch nach England und Amerika; die ersten deutschen Käufer jedoch sind ein Irrer und ein eingebildeter Todeskandidat. Unentwegt arbeitet Benz weiter, immer neue Verbesserungen erdenkt er. Er geht zum Bau vierrädriger Kraftwagen über, und im Winter 1892/93 gelingt ihm hierfür eine Wagenlenkvorrichtung (die Achsschenkellenkung) zu entwickeln, die er zum Patent anmeldet. Weitere Verbesserungen betreffen die elektrische Zündanlage, die Motorenleistung und den Vergaser. Jetzt kann Benz Erfolge buchen. Im Mai 1899 wird die Firma Benz & Co., die nun bereits 700 Arbeiter beschäftigt, in eine Aktiengesellschaft umgewandelt: Am Ende des Jahrhunderts gibt es Benz-Vertretungen in Berlin, Krefeld, Paris, London, Brüssel, St. Petersburg, Moskau, Warschau, Wien, Budapest, Mailand, Basel, Nimwegen, Buenos Aires, Singapore, Mexiko und Kapstadt. Die Autos dieser Zeit um die Jahrhundertwende sehen auch nicht mehr aus wie pferdelose Kutschen, sondern lassen bereits die Form des modernen Kraftwagens ahnen, so lächerlich sie auch auf den heutigen Beschauer wirken. Der Siegeslauf des Autos ist nun nicht mehr aufzuhalten.

Aus dem Jahre 1898 stammt ein begeistertes Lied zum Preis des Benz-Motorwagens. Die erste Strophe lautet:

Schön'res nicht in unsern Tagen
Weiß zu singen ich und sagen,
Als ein Heil dem Motorwagen,
Seiner nimmer müden Kraft!

Durch die Auen, über Berge
Jaget ihn die eigne Stärke
Sturmesgleich, und Wunderwerke
Ohne Zahl er herrlich schafft.

Und in der letzten Strophe heißt es ahnungsvoll:

Laßt uns durch die Weiten fliegen,
Wahn und Kleinlichkeit bekriegen,
Über Raum und Zeit wir siegen,
Mut und Stolz ist unser Teil.
Freiheit vom gewohnten Zwange!
Frei vom Bann im Schienenstrange,
Selbstbewegt im Sturmesgange,
Motorwagen, Dir Allheil!

Es ist viel über die Frage gestritten worden, ob Karl Benz oder ob Gottlieb Daimler der Ruhm gebühre, der Erfinder des Kraftwagens gewesen zu sein. Das Daimler-Patent stammt vom 29. August 1885, ist also ein halbes Jahr älter als das Patent für Benz, und Daimlers erste Probefahrt mit einem Zweirad findet im November 1885 statt, einen Monat nach Fertigstellung des ersten dreirädrigen Benzwagens; die erste Daimler-Motordroschke wird im August 1888 vorgeführt. Zur gleichen Zeit also haben beide Männer unter oft unüberwindlich erscheinenden Schwierigkeiten an derselben Idee geschafft, ohne voneinander zu wissen. Daimler, der entscheidend an der Entwicklung des «Otto-Motors» mitgearbeitet hatte, kann ohne Zweifel das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, den leicht gebauten, schnell laufenden Motor mit hoher Kompression geschaffen zu haben, während Karl Benz als erster «bewußt einen neuen Fahrzeugtyp schuf, bei dem Fahrgestell und Motor erstmalig zu einer organischen Einheit verbunden waren». Mit Recht nennt man deshalb beide Namen, wenn von der Erfindung des Kraftwagens die Rede ist. Mit Recht stehen Benz' und Daimlers älteste Modelle im Deutschen Museum zu München einträchtig nebeneinander. Im Jahre 1926 schließlich vereinigten sich die beiden ältesten Kraftwagenfabriken der Welt, die Daimler-Motorengesellschaft und die Benz & Cie., Rheinische Automobil- und Motorenfabrik, zur Daimler-Benz-AG. Das Lebenswerk der beiden Pioniere des Automobils, die einander nie im Leben gesehen, war damit auch äußerlich eins geworden. Karl Benz hat diesen Tag noch in voller Rüstigkeit erlebt; ein Jahr zuvor war er sogar anläßlich des fünfundzwanzigjährigen Jubiläums des «Schnauferl-Klubs» in seinem ersten Wagen an der Spitze eines historischen Korsos durch München gefahren. «Jawohl – er lief noch!», schreibt stolz Vater Benz, «und lief tapfer, immerzu. Wie staunte der alte Wagen, vor vierzig Jahren verspottet und

verlacht, als der Jubel von Zehntausenden von Menschen über ihn hinwegrauschte.» Am 4. April 1929 beendete der Automobil-Stephenson, gleich groß als Mensch wie als Bahnbrecher des Motorzeitalters, in seinem Ruhesitz zu Ladenburg seine Lebensfahrt, als deren Leitmotiv er die schönen Worte geprägt hatte: «Erfinden ist unendlich schöner als erfunden haben.»

Fliegen – leichter als die Luft

Nach der Erfindung des Luftballons fragte man Benjamin Franklin, was für einen Nutzen solche Erfindung wohl habe. Der kluge Amerikaner antwortete mit einer Gegenfrage: «Wozu ist denn ein Baby nutze?» Die skeptische Frage und Franklins gescheite Gegenfrage – beide konnte und kann man eigentlich bei allen Erfindungen und Entdeckungen stellen, die in ihren Anfangsstadien nutzlos oder fragwürdig erscheinen. Wer konnte sich schon von Guerickes Schwefelkugel, von Papins Dampfmaschine etwas versprechen? Wer hätte damals die Folgen absehen können? Und auch die Erfindung des Warmluft- und Gasballons – war das mehr als eine Spielerei und eine Sensation? Gewiß, die Freiballonfahrten, wie sie der erste Berufsluftschiffer, Jean Pierre Blanchard, unermüdlich und mit klingendem Erfolg in ganz Europa vorführte, waren etwas für das schaulustige Publikum. Im Gegensatz jedoch zu den enthusiastischen Ehrungen, die Blanchard bei seinen Schauflügen zuteil wurden, erfuhr er seitens der Wissenschaft eine weit nüchternere Beurteilung. Als Blanchard am 3. Oktober 1785 in Frankfurt am Main seinen 15. Ballonaufstieg unternommen hatte, der zugleich der erste in Deutschland gewesen war, äußerte sich ein scharfer Kritiker 1786 in Lichtenbergs «Magazin für das Neueste aus der Physik» recht absprechend über diese «Spielerei»: Man könne keinen Verdienst darin sehen, ohne jeden Zweck in einem Ballon in die Lüfte zu steigen, «ein Spiel des Windes zu sein, auf Gnade und Ungnade sich jedem Lüftchen zu ergeben, nach Art der Feldspinnen bey ihren Herbstreisen auf ein lächerliches Gerathewohl dahinzutreiben». Jeder Handwerksbursche habe mehr Verdienst um sein erlerntes Handwerk «als ein Blanchard um die Luftschiffkunst, die er zu treiben sich zwar schmeichelt, worin er aber, wie der Augenschein lehrt, trotz aller seiner Wiederholungen, und ob er gleich Dreistigkeit genug hat, sich für einen Meister in der Kunst auszuschreyen, dennoch nicht den geringsten Dienst eines Matrosen zu verrichten vermag».

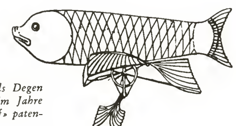
Immerhin muß man Blanchard zugestehen, daß er das allgemeine Interesse für die «aeronautische Maschine» wachhielt und sich auch gelegentlich dem Wunsche von Gelehrten nicht entzog, bei Ballonfahrten wissenschaft-

liche Beobachtungen anstellen zu lassen. Für die Physik und die Meteorologie eröffnete sich damit eine neue Möglichkeit, die Atmosphäre zu erforschen. Schon 1783 hatte Georg Christoph Lichtenberg auf die an ihn herangetragene Frage «Wozu können diese Kugeln nützen?» eine bemerkenswerte Antwort gegeben: Er dachte an Fesselballone, die wissenschaftliche Aufgaben lösen sollten. In 24 Punkten legte er seine Ideen dar, von denen hier nur der erste interessiert: «Man wird dadurch Riesenschritte in der Erkenntniß unserer Atmosphäre thun, Abnahme ihrer Dichtigkeit, Wärme, Feuchtigkeit, Ab- und Zunahme der Elektricität der Luft, die Höhenmessungen durch Barometer, die Lehre vom Schall und dessen Fortpflanzung, die von der Refraction, von Bewegung der Körper in elastischen Mitteln ... Kenntniß der in großer Höhe zu vermuthenden Passatwinde. Die Untersuchungen des Nordlichts, der Lichtstreifen, die durch keinen Drachen erforscht werden können, der magnetischn Kraft, der Entstehung des Hagels, des Schnees usw. werden unendlich gewinnen.» Lichtenberg hat hier ein ganzes Programm späterer Forschungen vorweggenommen.

Den ersten ausschließlich wissenschaftlichen, und zwar meteorologischen Beobachtungen dienenden Aufstieg hat der aus Boston stammende Dr. John Jeffries unternommen, der Begleiter Jean Pierre Blanchards bei dessen Kanalüberquerung; er stieg am 30. November 1784 mit Blanchard vom Rhedarium in London auf und landete nach 1¼ Stunden in der Nähe der Themse bei Dartford. Der Ballon erreichte dabei eine Höhe von 2740 m, in der eine Temperatur von $-1{,}9^\circ$ ermittelt wurde, während in London $10{,}6^\circ$ Wärme herrschten. Das mitgeführte Instrumentarium bestand aus Gefäßbarometer, Taschenthermometer, Hygrometer, Taschenelektrometer und Kompaß. Außerdem nahm Jeffries auf Veranlassung von Cavendish einige Fläschchen mit, in denen er Luftproben aus verschiedenen Höhen mitbringen sollte, und es wurde ein exaktes Bordjournal geführt.

«Ein Spiel des Windes zu sein, auf ein lächerliches Gerathewohl dahinzutreiben» – mit diesen Worten hatte der Kritiker in Lichtenbergs «Magazin» anno 1786 haargenau das Hauptproblem der Ballonfahrten im 19. Jahrhundert getroffen. Konnte man den Ballon nicht doch lenkbar machen? Bereits 1784 hatten mehrere Gelehrte – Freiherr v. Dalberg, Kratzenstein und Meusnier – diese Frage grundsätzlich theoretisch richtig und unabhängig voneinander beantwortet, aber eben nur auf dem Papier (s. S. 176 f.). Alle drei dachten sie an einen Langballon mit Propellerantrieb. Was ihnen fehlte – und was noch über ein Jahrhundert fehlen sollte –, war ein hinreichend starker und zugleich leichter Antriebsmotor. Und deshalb gelangten die Bemühungen in den ersten Jahrzehnten des 19.

Jahrhunderts, einen lenkbaren Ballon zu schaffen, kaum über erste Ansätze hinaus. Da war der Wiener Uhrmacher und Luftschiffer Jakob Degen, der einen kleinen Kugelballon mit besonders konstruierten Flügeln kombinierte. Er machte allerlei Versuche, über die er 1808 in einer Broschüre berichtet hat. Der Flügelapparat, mit dem er einen mäßig großen Ballon glaubte lenken zu können, bestand aus einem Gestänge, auf dessen unterste Stange Degen seine Füße stellte, während er mit den Händen eine zweite horizontale Stange ergriff. In hockender Stellung, Arme und Beine schnell ausstreckend und wieder zurückschnellend, brachte er zwei Flügel, die an die Deckenflügel gewisser Käfer erinnerten, in schlagende Bewegung. Der Ballon war so ausbalanciert, daß das Gewicht des Fliegers ausgeglichen blieb. In Wien glückten ihm einige Flugversuche, aber in Paris, wo er 1812 einen Schauflug unternehmen wollte, hatte er Pech. Zwei Versuche mißlangen, und das enttäuschte Publikum, das sein Eintrittsgeld schließlich nicht umsonst gezahlt haben wollte, verprügelte den unglücklichen Uhrmacher, wie eine zeitgenössische Karikatur drastisch darstellt. An Degens laienhaften Flugversuchen hat Johann Joseph Prechtl, seit 1815 Direktor des Wiener Polytechnischen Instituts, Herausgeber einer «Technischen Encyklopädie» von 20 Bänden und Verfasser der noch heute wichtigen «Untersuchungen über den Flug der Vögel» (1846), scharfe Kritik geübt; Prechtl schlug als Baumaterial für Ballone verzinntes Eisenblech vor.



Etwa um die gleiche Zeit, als Degen seine Versuche unternahm – im Jahre 1818 –, wurde dieses «Luftschiff» patentiert. Es ist nie geflogen

An ein metallenes Luftschiff dachte auch der Nürnberger Mechaniker und Fabrikant L. A. Leinberger, der 1842 für sein lenkbares Luftschiff mit Dampfantrieb Reklame machte. Das Luftschiff gab es allerdings nur auf dem Papier, und Leinberger war womöglich ein noch größerer Phantast als Degen. Ein großes, innerhalb der Gondel angebrachtes Schaufelrad sollte es vorwärts treiben. Der starre, an beiden Enden zugespitzte Ballonkörper sollte aus dünnem Messingblech bestehen und über 100 Passagiere sowie Güter aufnehmen können. Auf dem Leinbergerschen Plakat hieß es optimistisch: «Welche großen Vortheile für Handel und Gewerbs-Indu-

strie, auch bei Überschwemmungsfällen etc. etc., aus der allgemeinen Anwendung dieser Erfindung hervorgehen, kann nur die Zukunft lehren.»

In dieser Übergangsperiode von der romantischen Technik zum technisch-sachlichen Zeitalter gab das phantastische Luftschiffprojekt Leinbergers Veranlassung zu einer dichterischen Auseinandersetzung in Cottas «Morgenblatt für gebildete Stände» vom Jahre 1845. Gegner waren der Spätromantiker Justinus Kerner und sein jüngerer, realistischer denkender Dichterkollege Gottfried Keller. Kerner beklagt die «dampftolle Zeit», weil Eisenbahn, Schiff und gar Luftschiff den Dichter bald lieblos von der Erde ausschließen werden. Doch Keller war ganz anderer Ansicht. Er meint:

> Und wenn vielleicht in hundert Jahren
> Ein Luftschiff hoch mit Griechenwein
> Durch's Morgenroth käm' hergefahren –
> Wer möchte da nicht Fährmann sein?
> Dann bög' ich mich, ein seel'ger Zecher,
> Wohl über Bord, von Kränzen schwer,
> Und gösse langsam meinen Becher
> Hinab in das verlass'ne Meer.

Bei den ernsthaften Versuchen, das Problem des lenkbaren Luftschiffs praktisch zu lösen, bildeten sich drei Systeme heraus, die miteinander in Wettbewerb traten: das starre Luftschiff mit festem Innengerüst, das unstarre, das durch innere Luftkammern (sogenannte Ballonetts), die ihren Druck auf den Gasraum übertragen, prall gehalten wird, und als Kompromiß zwischen diesen beiden Systemen das halbstarre. Und die Antwort auf die Frage, wie diese «Lenkballone» anzutreiben seien, lag nahe: Selbstverständlich mit der Dampfmaschine, die sich ja inzwischen im Schiffsbau bewährt hatte. Der erste dahingehende Vorschlag stammte von Sir George Cayley (1837); Leinberger dürfte davon gehört haben. Doch erst 1852 flog das erste Luftschiff mit Dampfmaschine: Der Maschineningenieur Henry Giffard hatte 1851 eine kleine Dampfmaschine mit dem geringen Gewicht von 45 kg und einer Leistung von 3 PS konstruiert und baute sie im Jahr darauf als Motor in einen spindelförmig gestalteten Langballon ein, der 44 m Länge, einen größten Durchmesser von 12 m und 2500 cbm Inhalt hatte. Giffards Luftschiff war nach dem halbstarren System gebaut. Am Vorderteil der Gondel befand sich eine dreiflüglige Luftschraube von 3,40 m Durchmesser, die 110 Umdrehungen in der Minute machte. Am 24. September 1852 kreiste Giffard über dem Häuser-

Das Bild der Industrielandschaft von heute. Qualmende Schlote und riesige Hochspannungsmasten, mächtige Brücken und ragende Krane





meer von Paris in 1800 m Höhe mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 3 Metern in der Sekunde; das im Verhältnis viel zu große Gewicht der Maschine verhinderte ein besseres Ergebnis, worüber sich Giffard auch völlig im klaren war. Im Jahre 1857 stellte er mit einem zweiten Ballon von der gleichen Länge und einem größten Durchmesser von 10 m einen weiteren Versuch an. Die Antriebsmaschine war dieselbe. Dabei kam es zu einem Unfall: Der Ballon stellte sich senkrecht und platzte dann auseinander, die Maschine wurde bei dem Fall zertrümmert, aber die beiden Insassen, Giffard und der Aeronaut Gabriel Yon, kamen glücklicherweise mit leichteren Verletzungen davon. Giffard war auf jeden Fall der erste, der mit einem motorgetriebenen Lenkballon einen, wenn auch bescheidenen, Erfolg zu verzeichnen hatte. Trotz des Unglücks von 1857 gab Giffard seine «hochfliegenden» Pläne nicht auf. So baute er 1867 die erste Dampfwinde für Fesselballons, und auf der Londoner Weltausstellung im folgenden Jahre ließ er einen Ballon von 25 000 Kubikmeter Inhalt steigen. Vor allem aber plante er den Bau eines Lenkballons mit zwei Dampfmaschinen, der doppelt so groß sein sollte wie der von 1857. Zur Ausführung seines Vorhabens kam er jedoch nicht mehr; 1882 ist er in geistiger Umnachtung gestorben.

Einen starren Lenkballon zu bauen, das hatte sich der sächsische Oberförster Ernst Georg Baumgarten (1837–84) zur Lebensaufgabe gemacht. Allerdings ist er dabei nicht über die Gedankengänge von Dalberg, Kratzenstein und Meusnier hinausgelangt, denn ihm schwebte ein Antrieb mit menschlicher Muskelkraft vor. Von 1869 bis zu seinem Tode hat er mit diesem Problem ebenso verbissen wie vergeblich gerungen. Sein erstes, zigarrenförmiges Modell war nur 1 m lang und bestand aus einem leichten Holzgestell mit Kinderballons in kleinen Zellen. Der fünfte, eiförmige Versuchsballon hatte schon eine Länge von 20 m und war mit einer Hülle aus einseitig gummiertem Baumwollstoff bespannt. In seiner Patentschrift von 1879 nannte Baumgarten seinen Ballon «Flügelluftschiff mit Lenkvorrichtung». Als Propellerschraube verwendete er eine für seine Zwecke wesentlich abgeänderte Form der Resselschen Schiffsschraube. Unter der Gondel waren 4 waagerechte Flügel mit Handkurbelantrieb zur vertikalen Bewegung angebracht. Die mit dem Ballon ausgeführten Probeflüge in Grüna bei Chemnitz, Baumgartens Amtssitz, waren nur kurz und durchaus nicht ungefährlich. Für seine Versuche hat der flugnärrische Oberförster ein Vermögen geopfert, da seine Gesuche um staatliche Unterstützung auf Ablehnung stießen. Er fand jedoch bei dem Leipziger Verlagsbuchhändler Dr. Hermann Wölfert tatkräftige Unterstützung, so daß er 1880 in Leipzig einen neuen Ballon von 26 m Länge bauen konnte, der rund 550 cbm Gas faßte und drei Gondeln und 24 Flügelschrauben besaß;

der Antrieb erfolgte ebenfalls mit Handkurbeln. Dem durch Baumgartens Versuche geweckten Interesse ist es übrigens zu danken, daß 1881 in Berlin durch Angerstein, Broszius und andere der «Verein zur Beförderung der Luftschiffahrt» gegründet wurde, bei dem auch Wölfert ein tätiges Mitglied wurde. Den Mitgliedern dieses Vereins sowie Vertretern des Generalstabs und des Kriegsministeriums wollten Baumgarten und Wölfert 1882 das Flügelluftschiff vorführen – der Versuch mißglückte. Trotz aller Enttäuschungen arbeitete Baumgarten an der Idee des starren Lenkballons mit innerem Skelett und Wendeflügeln weiter, freilich ohne damit etwas zu erreichen. Er starb im Irrenhaus zu Colditz.

Nun versuchte Wölfert die Pläne allein weiterzutreiben und unternahm an verschiedenen Orten Aufstiege. Auch er opferte ein Vermögen und suchte hartnäckig zu beweisen, daß seine Ideen in die Praxis umzusetzen seien. Aber immer noch wollte er die Propeller durch Menschenkraft antreiben. Erst nach den Versuchen von Renard und Krebs in Frankreich in den Jahren 1884/85 (s. S. 343) entschied er sich für einen wirksameren Antrieb: Er wählte für seine Experimente einen einzylindrigen Daimler-Benzinmotor mit Glührohrzündung von 3, dann 5 und schließlich 8 PS. Im Jahre 1896 erprobte er seinen nunmehr in ellipsoider Form (à la Meusnier) gebauten und mit Motor ausgerüsteten Lenkballon; 5 Aufstiege fielen im Hofe der Luftschifferkaserne in Tegel bei Berlin in der Tat nach Wunsch aus. Aber am 12. Juni 1897 ereilte den fliegenden Verlagsbuchhändler das Unglück. Der Ballon stieg bis auf etwa 1000 m. Dann aber entstand am Motor eine Flamme, die blitzschnell am Ballon hinauflief, und schon im nächsten Augenblick explodierte dieser mit dumpfem Knall. Die Gondel stürzte brennend zur Erde. Wölfert und sein Begleiter Knabe konnten nur noch als verbrannte, furchtbar entstellte Leichen geborgen werden. Das war das tragische Ende eines Luftschiffpioniers, der, wie später Graf Zeppelin, mit unerschütterlichem Glauben und zäher Energie sein Ziel verfolgt hatte. Nur hat er es nie erreicht.

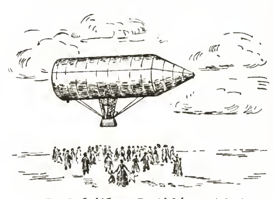
Ein anderer Deutscher, der aus Mainz gebürtige Ingenieur Paul Haenlein (1835–1905), ging von vornherein aufs Ganze: Er ließ sich in England bereits 1865 den «Antrieb von Luftschiffen durch Gasmaschinen» patentieren, zu einer Zeit also, als Lenoirs Erfindung noch in den Kinderschuhen steckte. Haenlein aber hatte mit sicherem Blick sogleich die Vorteile erkannt, die dieser Motor der Dampfmaschine gegenüber für den Luftschiffbau haben mußte. Im Jahre 1867 stattete er das Modell eines Luftschiffs von 12 m Länge mit einem Lenoirmotor aus, der mit Leuchtgas aus der Ballonhülle gespeist wurde und $^1/_3$ PS leistete. Eine größere Ausführung von 50 m Länge und 9,2 m größtem Durchmesser zeigte er 1870 in seiner Vaterstadt Mainz, und im Jahre 1872 baute Haenlein in

Wien ein weiteres halbstarres Luftschiff von 50,4 m Länge und einem Fassungsraum von 2408 cbm. Die Maschine leistete etwa 3 bis 6 PS. Bei den Versuchen mußte das Luftschiff, das mit dem schweren Leuchtgas gefüllt war, von Soldaten mit Tauen gehalten werden. Immerhin wurde eine Geschwindigkeit von 5 m pro Sekunde erreicht. Geldmangel verhinderte die weitere Entwicklung des aussichtsvollen Unternehmens.

Im gleichen Jahr 1872 versuchte es der Franzose C. H. L. Dupuy de Lôme nochmals mit einem muskelkraftbewegten Lenkballon, in dem 8 Soldaten die Propellerkurbel in Bewegung setzten – ein angesichts der doch mindestens als Teilerfolge anzusehenden Versuche von Giffard und Haenlein merkwürdig berührendes Unternehmen. Da waren die Brüder Gaston und Albert Tissandier schon fortschrittlicher. Sie bauten 1881 ein dem Giffardschen Ballon nachgebildetes Lenkschiff von 28 m Länge bei 9,20 m größtem Durchmesser und mit 1060 cbm Inhalt; angetrieben wurde es mit einem Siemensschen Elektromotor von 1½ PS. Die Versuche ergaben als Höchstleistung eine Eigenbewegung von 3 bis 4 m pro Sekunde. Das war keine besonders eindrucksvolle Leistung. Bedeutend erfolgreicher waren Charles Renard und Arthur H. C. Krebs, Hauptleute der französischen Luftschifferschule in Meudon; ihr torpedoförmiger Lenkballon «La France» von 1884 besaß einen mit Akkumulatoren gespeisten Elektromotor von 8,5 PS. Dieses Luftschiff, dessen Gaskörper eine Länge von 50,42 m bei einem Durchmesser von 8,40 m und einem Inhalt von 1864 cbm hatte, war technisch vorzüglich gebaut und unternahm 1884/85 sieben erfolgreiche Fahrten. Der Antrieb erfolgte durch eine zweiflüglige Schraube, die vorn an der 33 m langen, aus Bambusstäben zusammengesetzten Gondel angebracht war. Den Landungsstoß fing Renard durch ein schweres, etwa 60 bis 100 m langes Schlepptau ab. Bei fünf von sieben Flügen gelang es den Luftschiffern, zur Startstelle zurückzukehren. Angesichts dieser Ergebnisse konnte es als bewiesen gelten, daß der lenkbare Ballon nunmehr in ein Stadium eingetreten war, das Erfolge für die Praxis verhieß. Aber die erreichte Geschwindigkeit von 6,4 m pro Sekunde erschien in Frankreich als zu gering – mit einigem Recht, denn jedem stärkeren Wind war der Motor nicht gewachsen. Und so fanden die beiden Hauptleute bei ihrer Regierung nicht mehr die nötige Unterstützung.

Wenige Monate nach Wölferts tragischem Absturz ereignete sich wiederum in Berlin, aber diesmal auf dem Tempelhofer Feld, dem Exerzier- und Paradeplatz der Garderegimenter, ein neuer Luftschiffunfall, der zum Glück keine so ernsten Folgen hatte. Diesmal ging es um die Erfindung eines Ungarn. Seit 1895 hatte sich der ungarische Holzhändler David Schwarz um die Konstruktion eines lenkbaren Luftschiffs bemüht; nach

mißglückten Vorversuchen in Rußland gewann er für sein Projekt die Hilfe des Industriellen Carl Berg aus Eveking in Westfalen. Berg besaß eine Aluminiumhütte, und Schwarz wollte sein Luftschiff aus Aluminium bauen. Nicht zufällig war der Ungar auf diesen Einfall gekommen. Das dank seiner Leichtigkeit für den Luftschiffbau geradezu als ideal erscheinende Metall war noch kurz zuvor viel zu teuer gewesen, als daß man an seine Verwendung hätte denken können. Erst als mit der vervollkommneten Dynamomaschine die Stromkosten niedrig genug wurden, daß sich das bereits 1854 von Bunsen empfohlene elektrolytische Verfahren der Aluminiumgewinnung lohnte, fielen die Preise für Aluminium, und zwar geradezu rapide. Jetzt konnte man also ein Luftschiff aus dem silbern schimmernden Leichtmetall bauen! Nach Schwarz' Plänen entstand in Eveking ein flugfähiges Luftschiff von starrer Zylinderform, das eine Länge von rund 24 m bei einem Durchmesser von 12 m hatte und eine 11 m lange, kegelförmige Spitze besaß. Die äußere Hülle bestand aus Aluminiumblechen von 0,2 mm Stärke, die auf ein inneres Aluminiumgerüst aufgenietet waren. Die aus dem gleichen Metall gefertigte Gondel hing 4,40 m unterhalb des tragenden Gasbehälters. In die Gondel wurde ein 16-PS-Daimlermotor mit 4 Zylindern eingebaut, der drei Luftschrauben zur Vorwärtsbewegung und eine vierte zur vertikalen Bewegung antreiben sollte. Anfang 1897 erhielt Schwarz vom Kriegsministerium die Aufforderung, mit seinem Luftschiff auf dem Tempelhofer Feld in Berlin einen Probeflug zu unternehmen. Der Erfinder konnte dieser Einladung jedoch nicht mehr nachkommen; am 13. Januar 1897 hatte er in Wien einen Blutsturz erlitten, an dessen Folgen er gestorben war. Nach seinem Tode bemühte sich seine Witwe, dem Plan ihres Gatten zum Erfolg zu verhelfen. Sie erreichte es auch, daß das Luftschiff am 3. November 1897 unter Führung des Unteroffiziers Jagels von der Luftschiffer-Abteilung einen Aufstieg unternehmen konnte. Der Ballon, der guten Auftrieb hatte, flog gegen heftigen Wind an. Da wurde in etwa 100 m Höhe der Treibriemen zur linken Schraube von der Riemenscheibe abgeworfen, so daß der Lenkballon unter der Wirkung der nunmehr

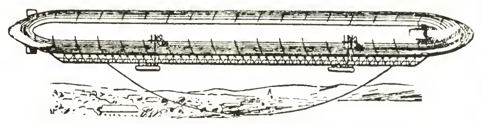


Das Luftschiff von David Schwarz (1897)

allein arbeitenden rechten Schraube einen Bogen nach Norden beschrieb. Als Jagels trotzdem den Ostkurs erzwingen konnte, rutschte auch der rechte Riemen ab, so daß der Ostwind den Ballon abtrieb und zur Landung zwang, die durch Ziehen der Ventile erfolgte. Dabei ging der Ballon in Trümmer; er wurde später eingeschmolzen.

Der zähen Energie des Grafen Ferdinand v. Zeppelin (1838–1917) war es dann schließlich vorbehalten, dem System des starren, lenkbaren Luftschiffs zum Siege zu verhelfen. In der Folgezeit ist behauptet worden, Graf Zeppelin habe sich die Konstruktionsprinzipien von Schwarz zunutze gemacht. Das kann jedoch schon deshalb nicht zutreffen, weil Zeppelins erste Entwürfe zeitlich weiter zurückliegen. Daß Schwarz und Zeppelin fast zur gleichen Zeit an die Verwendung von Aluminium zum Luftschiffbau gedacht haben, hatte seine Ursache zweifellos in dem damals erfolgenden Sturz des Aluminiumpreises. Zeppelin hat schwer um den Erfolg ringen müssen und ist anfangs auf den heftigen Widerstand der Fachleute, die seine Pläne für technisch nicht realisierbar hielten, gestoßen, was dem rückschauenden Betrachter angesichts der Teilerfolge seiner Vorgänger eigentlich nicht recht verständlich erscheint. Denn diese Vorgänger, soweit sie mehr waren als bloße Vorläufer, hatten doch immerhin grundsätzlich erwiesen, daß es möglich war, einen lenkbaren, mit Motorenkraft angetriebenen Ballon zu schaffen, wenn ihnen freilich auch ein Dauererfolg versagt geblieben war. Dieser war, im Rahmen des Möglichen, erst dem «verrückten Grafen» beschieden, der sich allerdings auch nur allmählich durchzusetzen vermochte.

Als fünfundfünfzigjähriger Generalleutnant war Graf Zeppelin 1891 aus dem Militärdienst ausgeschieden; im Jahr darauf begann er sich ernstlich mit der Planung eines starren Luftballons zu beschäftigen. Doch schon vorher war er an diesem Problem lebhaft interessiert: Bereits 1887 hatte er in einer Denkschrift an König Karl von Württemberg die Aufgaben eines Lenkballons – er als Offizier sah sie natürlich vorwiegend unter militärischen Aspekten – folgendermaßen festgelegt: «Zur wirklichen Nutzbarmachung der freien Luftschiffahrt für militärische Zwecke ist es erforderlich, daß die Schiffe auch gegen stärkere Luftströmungen vorwärts kommen, so daß sie erst nach längerer Zeit (mindestens 24 Stunden) zu landen genötigt sind, um weite Rekognoszierungen ausführen zu können; daß sie bedeutende Tragkraft besitzen, um Menschen, Vorräte oder Sprenggeschosse mitführen zu können. Alle drei Anforderungen bedingen viel ausgedehntere Gasräume, also große Luftschiffe. Wesentliche Fortschritte in der Vervollkommnung der lenkbaren Luftschiffe bleiben dann nur noch zu machen in der Findung einer zum Durchschneiden der Luft geeigneteren Form und der Möglichkeit, ohne Ballastverminderung zu



Zeppelins erstes Luftschiff von 1900

steigen und ohne Gasverlust zu sinken. Gelingt es, diese Probleme zu lösen, so ist der Luftschiffahrt eine noch ganz unschätzbare Bedeutung, nicht allein für die Kriegsführung, sondern auch für den allgemeinen Verkehr (kürzeste Verbindung durch Gebirge oder Meere getrennter Orte), für Erforschung der Erde (Nordpol, Innerafrika) in der Zukunft gewiß.»

Am 31. August 1895 nahm Graf Zeppelin ein Patent, und zwar auf den Namen des Diplom-Ingenieurs Theodor Kober, der im Auftrage des Grafen das Luftschiff berechnet und gezeichnet hatte. Graf Zeppelin hatte die starre Schiffskörperbauart gewählt, weil diese den Beanspruchungen durch die Kräfte der Atmosphäre, durch Gasdruck und Lasten am besten gewachsen war. Seine Konstruktion bestand aus verspannten Querringen, Längsträgern sowie dazwischengespannten Drahtnetzen und erhielt ein räumliches Fachwerk aus Aluminium, das mit Stoff bespannt wurde und damit eine glatte Außenfläche erhielt. 1898 begann der Bau des ersten «Zeppelins» LZ 1: Das Luftschiff hatte 128 m Länge, 10,9 m Maximaldurchmesser und 11300 cbm Gasinhalt. Die Fortbewegung geschah mit Hilfe von Luftschrauben, die durch zwei Benzinmotoren von je 16 PS Leistung paarweise angetrieben wurden. Die Seitensteuerung erfolgte durch zwei senkrechte Flächen oben und unten am Bug und zwei seitlich angebrachte Flächen am Heck. Für die Änderung der waagerechten Lage war eine Höhensteuerfläche vorn am Bug vorgesehen. In Schräglage sollte das Schiff, falls dies für das Manövrieren notwendig war, durch ein verschiebbares Laufgewicht gebracht werden können. Ein am Tragkörper aufgehängter Laufsteg verband die beiden Gondeln. Im vorderen Schiffsteil waren die Ankertaue untergebracht. Die Versuchsfahrten fanden von einer schwimmenden Halle bei Friedrichshafen am Bodensee aus statt, die an ihrer Spitze verankert war und sich selbsttätig in die Windrichtung einstellte.

Der erste, mit Spannung erwartete Probeflug von LZ 1 erfolgte am 2. Juli 1900; er verlief verhältnismäßig glatt und günstig. Kleinere Unzulänglichkeiten wurden verbessert, insbesondere wurde eine horizontale Steuerfläche als Höhenruder neu eingeführt. Am 7. Januar 1906 flog be-

reits LZ 2, wurde jedoch bei einer Notlandung zerstört; ein Ersatzbau aber erreichte am 9. und 10. Oktober 1906 über dem Bodensee eine Geschwindigkeit von 13 m pro Sekunde, und dank der Unterstützung des Reiches und des Königs von Württemberg war im Juni 1908 LZ 3 fertig mit 136 m Länge, 15 000 cbm Gasinhalt und 2 Motoren von je etwa 100 PS Leistung. Am 1. Juli 1908 fand mit LZ 3 unter Führung Zeppelins die denkwürdige Fahrt über die Schweiz statt. Das Schiff stieg bis auf 800 m Höhe und erzielte eine Geschwindigkeit von 60 Stundenkilometern. Damit hatte Graf Zeppelin die Feuerprobe bestanden. Und am 18. Juli wurde dem 70jährigen – zehn Tage nach seinem Geburtstag – im Beisein seines Königs feierlich die Ehrendoktorurkunde der Universität Tübingen überreicht.

Doch dem Grafen blieb nichts erspart: Zwei Wochen später schon mußte er einen schweren Schicksalsschlag hinnehmen. Am 4. August startete er heimlich zu einer Großfahrt, die ihn über Schaffhausen und von dort das Rheintal abwärts über Basel, Straßburg bis Worms führte. Der Flug wurde ein Triumphzug, überall begrüßte die Bevölkerung stürmisch das mächtige Luftschiff. Kurz hinter Worms trat ein Motorschaden auf. Eine Notlandung nahe Oppenheim war nicht zu umgehen, doch konnte die Störung beseitigt werden. Abermaliges Aussetzen des vorderen Motors machte eine zweite Notlandung – bei Echterdingen – notwendig; hier sollte der Schaden ausgebessert werden. Das Luftschiff war bereits verankert, da wurde es von einem jäh hereinbrechenden Gewittersturm von der Seite her gepackt, aus den Händen der Haltemannschaft gerissen und in die Lüfte entführt. Zwar zogen zwei Mann der Besatzung, die in den Gondeln verblieben waren, sofort die Gasventile; sie konnten aber nicht mehr verhindern, daß das führerlose Luftschiff beim Heruntergehen eine Baumgruppe streifte und vollkommen zerstört wurde. Ein übriges tat ein offenbar durch atmosphärische Elektrizität verursachter Brand. Das ganze deutsche Volk nahm an dieser Katastrophe lebhaften Anteil, denn der Name Zeppelin war inzwischen fast zu einem Symbol geworden. Binnen kürzester Frist brachte eine Geldsammlung, veranlaßt durch ein «Reichscomité zur Aufbringung des nationalen Luftschiff-Fonds für Graf Zeppelin», nicht weniger als 6 Millionen Mark auf.

Mit den Millionen des Luftschiff-Fonds war Zeppelins Werk auf eine sichere Grundlage gestellt. Nun wurde mit Hochdruck weitergeplant und weitergearbeitet. Die folgenden Jahre brachten einen Erfolg nach dem anderen, wenn es auch an Rückschlägen nicht fehlte.

Daß die Zeppeline durchaus nicht nur unter dem Gesichtspunkt kriegerischer Verwendung geplant waren, zeigt der Bau von Verkehrsluftschiffen. Das erste dieser Art war LZ 7 «Deutschland», das 1909 einem Sturm

zum Opfer fiel, und das zweite, LZ 10 «Schwaben», 1911 in Dienst gestellt, führte unter dem später so berühmt gewordenen Dr. Hugo Eckener 218 Fahrten aus und legte dabei insgesamt 27 321 km zurück. Es ging im Juli 1912 auf dem Landeplatz Düsseldorf durch eine Brandkatastrophe zugrunde. Dieses Luftschiff war das erste, das mit Maybachmotoren ausgestattet war. Es hatte eine Länge von 140 m mit 17 800 cbm Gasinhalt, wurde von drei Maybachmotoren zu je 150 PS angetrieben und erreichte eine Stundengeschwindigkeit von 75 km.

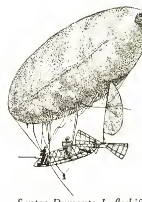
Bis 1927 hatten 8 Verkehrszeppeline 1691 Flüge mit einer Gesamtfahrtzeit von 3707 Stunden und einer Gesamtstrecke von 223 793 km zurückgelegt. Dabei waren 38 087 Personen befördert worden.

Der erste Weltkrieg unterbrach die friedliche Weiterentwicklung. Eine ganze Anzahl von Zeppelinen wurde beim Heer und bei der Marine für kriegerische Operationen eingesetzt. Als bemerkenswerteste Dauerleistung ist die Fahrt von L 59 (= LZ 104) festzuhalten. Vom 21. bis 25. November 1917 bewältigte dieses Luftschiff auf seinem Flug von Bulgarien nach Khartum und zurück eine Strecke von nahezu 6800 km ohne Zwischenlandung und ohne Panne – eine Bewährungsprobe, die erst viel später überboten wurde.

Nach der Beendigung des ersten Weltkriegs mußten alle Luftschiffe an die Alliierten abgeliefert werden, und es dauerte einige Jahre, bis die Zeppelinwerften von neuem an die Arbeit gehen konnten. LZ 126 wurde erstmalig mit wassergekühlten Reihenstandmotoren der Firma Maybach-Motorenbau-GmbH. Friedrichshafen ausgestattet. Unter Führung von Dr. Eckener startete dieses Schiff am 12. Oktober 1924 zu einer Amerikafahrt und erreichte nach 81 Stunden 17 Minuten den amerikanischen Marinelufthafen Lakehurst. Es ging in amerikanischen Besitz über. LZ 127 «Graf Zeppelin», im Jahre 1927 in Stromlinienform mit einem Körpergerippe aus Duralumin gebaut, war ein für den transatlantischen Schnellverkehr bestimmtes Luxus-Verkehrsschiff, das 20 Fahrgäste und eine größere Menge Fracht, Post und Gepäck aufnehmen konnte. Die Maschinenanlage bestand aus 5 voneinander unabhängigen Einheiten mit einer Gesamthöchstleistung von rund 2750 PS. Die Maybachmotoren von LZ 127 wurden nicht mit Benzin, sondern mit einem gasförmigen Brennstoff betrieben, dem sogenannten Blaugas, einem mittelschweren Kohlenwasserstoffgasgemisch. Das Schiff startete am 10. August 1929 von Friedrichshafen aus zu einer Weltfahrt. Der Weg führte über eine Strecke von rund 3600 km von Friedrichshafen über Sibirien, Tokio, den Pazifik, Los Angeles, Lakehurst zurück nach Friedrichshafen. Die Fahrt dauerte 20 Tage und 4 Stunden. Nach 1933 kam eine regelmäßige Transozean-Passagierluftschiffahrt in Gang – bis 1937. Im Mai dieses

Jahres fuhr der Zeppelin LZ 129 «Hindenburg» – er hatte eine Reisegeschwindigkeit von 125 km stündlich – mit 36 Fahrgästen und 61 Mann Besatzung von Frankfurt aus nach Amerika, unter Führung von Kapitän Pruß, der bereits 161 Ozeanüberquerungen hinter sich hatte und nun seine 16. Fahrt als Kommandant unternahm. Das Schiff hatte schon zum Landen auf dem Lufthafen Lakehurst angesetzt. Wegen einer drohend heraufziehenden Gewitterfront war die Weisung ergangen, die Landemanöver zu beschleunigen. Die Ankertaue waren bereits ausgeworfen und zum Teil schon in den Händen der Landemannschaft, als plötzlich im Heck des Schiffes ein dumpfer Knall ertönte und im nächsten Augenblick eine lodernde Flamme über der Führergondel zusammenschlug. Im Nu war das ganze Luftschiff ein Feuermeer; krachend und prasselnd stürzte es zu Boden. Fahrgäste und Mannschaften sprangen entsetzt aus den Fenstern des Salons und aus den Kabinen – als letzte die Kapitäne Pruß und Lehmann. Zwei Drittel aller Fahrtteilnehmer waren tot oder verletzt, darunter auch Kapitän Lehmann. Die Ursachen dieser furchtbaren Katastrophe sind niemals ganz geklärt worden. Man dachte sogar an Sabotage, aber eine Untersuchungskommission kam zu dem Ergebnis, daß unglückliche Umstände – eine elektrische Entladung in der Atmosphäre – für die Explosion verantwortlich gewesen sei. Die Vernichtung der «Hindenburg» in Lakehurst bedeutete das Ende des Zeppelinbaues und des Luftverkehrs mit Lenkballonen überhaupt. Dr. Eckener sagt in seinen 1949 veröffentlichten Erinnerungen «Im Zeppelin über Länder und Meere» abschließend: «Die Zeit der Zeppeline ist vorbei, Schnelligkeit ist heute Trumpf.»

Auch in Frankreich war man während dieser ganzen Zeit nicht müßig geblieben. Renard und Krebs hatten trotz ihrer vielversprechenden Versuche keine weitere Förderung ihrer Pläne gefunden. Erst der Brasilianer Alberto Santos-Dumont (1873–1932), Sohn eines reichen Kaffeeplantagenbesitzers und begeisterter Sportsmann, nahm sich mit Feuereifer der Idee des lenkbaren Luftschiffes wieder an. Den Pionieren gegenüber hatte er eines voraus: Er konnte den leichten Benzinmotor, dessen Bedeutung er schnell erkannt hatte, für seine Zwecke nutzen. Von 1898 an baute er in rascher Folge nicht weniger als 14 Motorballone und gewann auf diese Weise eine reiche praktische Erfahrung. In seinem fünften Ballon, der bei einer Länge von 33 m und einem Durchmesser von 5,5 m nur 550 cbm Gasinhalt hatte, baute er einen vierzylindrigen Motor von 12 PS ein und versah ihn mit der Neuerung des verschiebbaren Schleppseils. Eine Reihe glücklicher Flüge gelang ihm mit diesem Bau. Am 19. Oktober 1901 konnte Santos-Dumont dann mit seinem sechsten Luftschiff erstmals den Eiffelturm umkreisen, wofür er den von H. Deutsch de la Meurthe



Santos-Dumonts Luftschiff (1901)

ausgesetzten Preis von 125 000 Franken erhielt. Dennoch waren die kleinen Lenkballons des Brasilianers nicht viel mehr als zerbrechliche Spielzeuge; eine größere Geschwindigkeit als 8 m in der Sekunde haben sie nie erreicht. Für Santos-Dumont war die Beschäftigung mit dem Luftschiffbau eben doch nur ein Sport. Später wandte er sein Interesse dem Flugzeug zu.

Angeregt durch die Erfolge des Brasilianers befaßten sich auch die Brüder Paul und Pierre Lebaudy, reiche Zuckerindustrielle, seit 1899 mit dem Problem des Lenkballons und begannen, zusammen mit dem Ingenieur Henri Julliot, halbstarre Ballons zu bauen. Schon die ersten Freifahrten Ende 1902 mit dem torpedoförmigen Ballon «Le Jaune» – so genannt nach der chromgelben Farbe der Baumwollhülle –, der bei einer Länge von 56,5 m einen Durchmesser von 9,8 m und einen Gasinhalt von 2284 cbm besaß, fielen zur vollen Zufriedenheit aus. Ein Daimlermotor von 40 PS und zwei Schrauben gestatteten eine Geschwindigkeit von 11 m in der Sekunde. Der längste Flug mit der «Le Jaune» führte am 24. Juni 1903 bei Moisson in 2 Stunden 46 Minuten über eine Strecke von 98 km. Vorbildlich geblieben ist der verbesserte Typ «Lebaudy 1904», der sich voll bewährte. Die vom französischen Kriegsministerium veranlaßte Prüfungsfahrt am 5. Juli 1905 endete zwar mit der Zerstörung des Ballons kurz nach der Landung durch einen Sturm, der das an Bäumen verankerte Luftschiff losriß, doch konnten mit einem neuen, sehr schnell fertiggestellten Bau noch im Oktober des gleichen Jahres weitere Probefahrten unternommen werden, die ohne Zwischenfälle verliefen und zum Ankauf durch die Militärbehörde führten. «Lebaudy 1904» war das erste Militärluftschiff der Welt, dem alsbald weitere folgten.

Nach diesen Erfolgen halbstarrer Luftschiffe schickte sich auch die preußische Heeresverwaltung an, eigene Konstruktionen in Angriff zu nehmen. Zunächst wurde ein Ballonett-Luftschiff ins Auge gefaßt, zu dem die Vorarbeiten in der Hand des damaligen Majors Hans Groß lagen. Nach dem Entwurf des Ingenieurs Basenach entstand in den Siemens-Schuckertwerken zunächst ein Versuchsmodell von kleinen Ausmaßen mit einem 24-PS-Motor, das 1907 einen Rekordflug von 9 Stunden Dauer schaffte. Im folgenden Jahre wurde dieses Modell im großen gebaut, als 5000-cbm-Schiff und mit zwei Motoren zu je 75 PS. Es war dies das erste deutsche Militärluftschiff M 1, das eine Geschwindigkeit von 11 m in der Sekunde

entwickelte. Mit ihm unternahm man eine ganze Anzahl wohlgelungener Fahrten, von denen die 13stündige ununterbrochene Dauerfahrt am 18. September 1908, die über annähernd 300 km führte, ein Weltrekord war. Aber zwei Monate darauf strandete das Schiff auf dem Stettiner Haff. Trotz weiter verbesserter Bauten kam man mit dieser Konstruktion zu keinen restlos befriedigenden Ergebnissen.

Inzwischen war Major August v. Parseval (1861–1942) mit seinem unstarren Lenkballon auf den Plan getreten. Parseval war Miterfinder des Fessel- oder Drachenballons von wurstförmiger Gestalt, der im ersten Weltkrieg als Beobachtungsballon, im zweiten Weltkrieg als (unbemannter) Sperrballon gegen Fliegerangriffe eingesetzt wurde. Aus Gründen militärischer Einsatzmöglichkeiten hielt Parseval nichts von Zeppelins starrem System. Die Erfahrungen des ersten Weltkrieges, in dem viele Zeppeline verlorengingen, haben ihm in dieser Hinsicht zwar recht gegeben, doch darf man heute rückblickend feststellen, daß Parsevals Argument für alle Luftschiffe überhaupt gilt. Sie sind zu langsam und zu anfällig, und heute gibt es nur noch in den USA halbstarre Kleinluftschiffe – die mit dem unbrennbaren Helium gefüllten «Blimps» –, die zur Küstenüberwachung und zur U-Boot-Bekämpfung dienen sollen. Das Parseval-Luftschiff jedenfalls, nach gründlichen theoretischen Überlegungen gebaut, besaß eine von allen anderen Konstruktionen abweichende Form: ein langer Zylinder ging vorn in eine Halbkugel, hinten in einen eiförmigen Körper über. Die Gesamtlänge betrug 48 m, der Inhalt 2500 cbm. Den Antrieb lieferte ein starker Daimlermotor von 90 PS, der im hinteren Teil der 5 m langen Gondel angebracht war. Im Herbst 1907 wurden mit Parsevals Luftschiff 18 wohlgelungene Aufstiege durchgeführt. Eine Anzahl verbesserter und vergrößerter Neubauten in den folgenden Jahren bewährte sich ebenfalls. Auch fremde Heeresverwaltungen wurden mit Parseval-Luftschiffen beliefert.

Für das starre System wiederum entschied sich Johann Schütte im Jahre 1910, als er gemeinsam mit dem Großindustriellen Karl Lanz an den Bau eines Großluftschiffes ging. Anders als Graf Zeppelin verwendete er Holz als Material für das Gerüst des Ballons, der nach den Erfahrungen der Schiffsbautechnik auf der Lanz-Werft zu Rheinau bei Mannheim fertiggestellt wurde. Das erste Schütte-Lanz-Luftschiff maß 131 m Länge bei 18,4 m Durchmesser und hatte 19500 cbm Inhalt. Das Holzgerüst erwies sich als zu schwer, und deshalb wurden die weiteren Bauten nach und nach der Konstruktion Zeppelins nachgebildet. Bei Beginn des ersten Weltkrieges verfügte die deutsche Armee über das Schütte-Lanz-Luftschiff «SL 2», das bei einer Länge von 144 m und einem Durchmesser von 18,2 m einen Rauminhalt von 24970 cbm hatte. Seine 4 Maybach-

motoren entwickelten zusammen 720 PS und gaben dem Schiff eine Geschwindigkeit von etwa 21 m pro Sekunde. Für die Entwicklung des Luftschiffbaues ist die Schüttesche Konstruktion ohne wesentliche Bedeutung geblieben.

Auch ohne die Katastrophe von Lakehurst und ohne das Unglück, bei dem das große britische Starr-Luftschiff R 101 verlorenging, wäre die Epoche, in der man nach dem Prinzip «leichter als die Luft» flog, schnell zu Ende gegangen. Denn inzwischen hatte der Mensch gelernt, sich mit Apparaten vom Boden zu lösen, die «schwerer als die Luft» waren: Das Zeitalter des Motorflugzeugs war angebrochen. Geblieben ist der schöne Sport des Freiballonfliegens, geblieben sind die kleinen Blimps und die Reklame-Luftschiffe des gleichen Typs. Und geblieben ist die Erinnerung an die schönen, silbern schimmernden Luftschiffe, die majestätisch ihren Weg auf den unsichtbaren Straßen des Luftmeeres dahinzogen.

Ist aber Eckeners resignierendes Schlußwort: «Die Zeit der Zeppeline ist vorbei» wirklich ein Schlußwort? Soll wirklich nur die Erinnerung bleiben? Es scheint fast, als sollte ein neuer Zeppelin entstehen. In der alten Friedrichshafener Luftschiffbau-Gesellschaft jedenfalls hat man LZ 132 entworfen – 265 m lang, mit 41,7 m Durchmesser in einem Gasraum (für Helium statt des gefährlichen Wasserstoffs) von 223 000 cbm. Mit einer Geschwindigkeit von 140 km in der Stunde soll LZ 132 bei günstigen Windverhältnissen 70 Passagiere höchst komfortabel in 77 Stunden von Friedrichshafen nach Rio de Janeiro bringen – als «Bindeglied zwischen den langsameren Schnelldampfern und den schnelleren Flugzeugen». Aber noch ist das Zukunftsmusik ...

Fliegen – schwerer als die Luft

Die Erfindung der Brüder Montgolfier hatte zwar auf überraschende Art und Weise bewiesen, daß es möglich ist, sich in die Lüfte zu erheben – der alte Menschentraum, es den Vögeln gleichzutun, war aber noch keineswegs verwirklicht, und das Problem des aerodynamischen Fluges blieb bestehen: zu fliegen wie die Gefiederten, die doch auch schwerer sind als die Luft, die sie mit ihren Schwingen durcheilen.

Immer wieder hatten im Lauf der Jahrhunderte Waghälse, Abenteurer und Phantasten mit Flügeln, die sie denen der Vögel nachgebildet und sich angeschnallt hatten, Flugversuche von Kirchtürmen oder Felsen herab unternommen und ihren Optimismus mit dem Todessturz, bestenfalls mit Arm- und Beinbrüchen, bezahlen müssen. Von Leonardos Gedanken über den Vogelflug und über die Möglichkeiten eines Flugapparats, von Swe-

denborgs Idee eines Gleitfliegers, von dem ebenso naiven wie tragikomischen Gleitflugversuch Albrecht Ludwig Berblingers, dem Max Eyth mit dem Roman «Der Schneider von Ulm» ein literarisches Denkmal gesetzt hat, war schon die Rede, ebenso von Jean Pierre Blanchard und K. Fr. Meerwein. Blanchard zog es alsbald vor, die bessere Konjunktur, die der Gasballon mit sich brachte, auszunutzen. Meerwein hatte sich immerhin stärker bemüht und zum Beispiel in einer Tabelle die Gewichte und die Flügelflächen der verschiedensten Vögel zusammengestellt und danach Berechnungen über die Größe der Tragflächen einer Flugmaschine angestellt, wobei er zu dem Ergebnis gelangte, daß diese 12 Quadratmeter betragen müsse. Die Flügel sollten mit Hilfe einer langen, von den Händen bewegten Stange auf- und abbewegt werden. Er mußte sich davon überzeugen, daß die Rechnung nicht aufging – nicht nur Lalande hatte ja inzwischen schlüssig bewiesen, daß die Muskelkraft des Menschen für ein Fliegen der Vögel bei weitem nicht ausreicht. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang noch der Italiener Tito Livio Burattini, der 1648 in Warschau das Modell einer Flugmaschine mit 8 Flügeln gebaut hat. In Bewegung gesetzt sollten diese durch ein Getriebe von Rädern und Federn werden. Burattini erregte damals erhebliches Aufsehen und fand sogar das Interesse von Wissenschaftlern wie Marin Mersenne und Christian Huygens. Nach dem Zeugnis von Zeitgenossen war das Modell angeblich imstande, eine Katze zu tragen. Die Übertragung ins Große mußte Burattini freilich – falls er sie überhaupt versucht hat – mißlingen.

In den Jahren 1809/10 hat sich der englische Ingenieur Sir George Cayley (1774–1857) in sehr bemerkenswerter Weise über das Flugproblem geäußert. «Ich bin fest davon überzeugt, daß diese noble Kunst bald für den Menschen verfügbar sein wird, und daß wir bald imstande sein werden, uns und unsere Familien samt Gepäck mit größerer Sicherheit durch die Luft als auf dem Wasser zu transportieren, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 100 Meilen in der Stunde. Um dies zu erreichen, bedarf es einer Antriebskraft, die mehr Kraft in einer gegebenen Zeit, im Verhältnis zum Gewicht ihrer Quelle, zu entwickeln vermag als das tierische Muskelsystem.» Da damals als Kraftmaschine lediglich die Dampfmaschine bekannt war, so macht Cayley hinsichtlich ihrer Verwendung Vorschläge, er denkt aber auch schon an andere Arten: an einen Pulverexplosionsmotor und an eine Verbrennungsmaschine mit Gasluftgemisch – 40 Jahre vor Lenoir! Ganz richtig hat Cayley auch schon die Propellerwirkung zur waagerechten Bewegung von Flächen erkannt, um diesen Bewegungsauftrieb zu verleihen. Auch mit dem Vogelflug hat er sich beschäftigt und Gleitmodelle gebaut.

Sicherlich nicht unbeeinflußt von Cayley war sein Landsmann Thomas

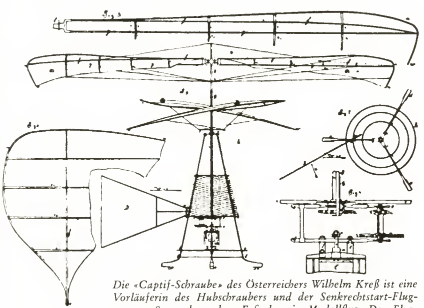
Walker, der 1831 einen Schwingenflieger baute. Die Flügel versah er mit Klappen, die sich beim Aufschlag öffneten, um die Luft durchzulassen, und beim Niederschlag schlossen, so daß sie auf die Luft drückten. Von einer Antriebsmaschine aber sagt Walker nichts!

Nicht anders erging es dem Ingenieur William Samuel Henson, der 1842 ein britisches Patent auf ein durch Dampfkraft bewegtes Drachenflugzeug nahm; in Stichen der Zeit finden wir es phantasievoll dargestellt. Diese Maschine sollte eine Tragfläche von 40 m Länge und 10 m Tiefe aus dichtgewebter Seide, mit Stahldraht verspannt, haben; eine schiffsförmige Gondel sollte die Besatzung und eine 20pferdige Dampfmaschine aufnehmen, die zum Antrieb von zwei Schraubenrädern bestimmt war. Als Schwanz und Leitwerk diente eine dreieckige, 15 m lange Schwanzfläche, die nach Belieben gefaltet und ausgebreitet werden konnte. Der Abflug sollte nach Henson von einer schiefen Ebene aus erfolgen. Der Entwurf blieb Utopie. In Hensons Patent hieß es, der «Luft-Dampfwagen» solle zum Befördern von Gütern, Briefen und Passagieren von Ort zu Ort durch die Luft dienen. Schon 1840 hatte Henson eine kleine Dampfmaschine gebaut, die mit Kessel, Wasser und Brennstoff nur 5 kg wog. Eine verbesserte Ausführung, in Zusammenarbeit mit John Stringfellow konstruiert, wurde 1847 in ein Dreidecker-Modellflugzeug eingebaut; sie wog bei 1-PS-Leistung 16 englische Pfund und wurde sogar mit einem Preis von 200 Pfund Sterling ausgezeichnet. Aber auch der Dampfdreidecker ist nie Wirklichkeit geworden.

In den folgenden Jahrzehnten beschäftigte sich eine Anzahl von Gelehrten mit dem genauen Studium des Fluges der Vögel, der Fledermäuse und der Insekten, weil sie daraus Nutzen für die Konstruktion von Flugzeugen zu gewinnen hofften. Dazu gehören der Physiologe Bell Pettigrew, der von etwa 1867 an eine Reihe von Arbeiten veröffentlicht und 1871 auch Vorschläge zu einer neuen Propellerform gemacht hat, sowie Louis Pierre Mouillard, der 1881 seine 30jährigen Beobachtungen des Vogelfluges in einem Buch zusammengefaßt hat. Er gilt als der Entdecker der «Verwindung» an den Flügelenden, die später beim Flugzeugbau – und zwar schon bei den Brüdern Wright – eine bedeutende Rolle spielte. Die Wrights, die sich für die Erfinder der Verwindung der Tragflächen hielten, erlebten eine Enttäuschung, als sie ihre Erfindung in Deutschland patentieren lassen wollten: Bereits im Jahre 1902 hatte darauf der Hauptmann Friedrich Robitzsch ein Patent erhalten, für das er allerdings damals keine Verwendung fand. Robitzsch war durch die Beobachtung einer an einem Flügel verletzten Biene daraufgekommen. Er ahmte diese Flügelverkantung an einem Papiermodell nach und kam so auf die Verwindung der Tragflächen. Auch Karl Buttenstedt, der sich in den neun-

ziger Jahren des vorigen Jahrhunderts sehr eingehend mit dem Studium des Vogelfluges beschäftigt und darüber viel in Fachzeitschriften veröffentlicht hat, war offenbar bereits zu ähnlichen Schlüssen gelangt: Der Vogel führe beim Fliegen keinen Ruderschlag aus, sondern schlage seine Flügel stets senkrecht nach unten. Weil sich nun hierbei die einzelnen Federspitzen an den Flügelenden «emporkräuseln», gleitet der Vogel auf den Luftwellen vorwärts, die unter seinem Flügelschlag entstehen. Ein Eindecker, den Buttenstedt nach seinen theoretischen Erkenntnissen baute, kam allerdings nicht vom Boden los.

Es war eine richtige Erkenntnis, daß man aus dem Studium des Vogelfluges lernen konnte. Aber daß es mit der Nachahmung des Schwingenfluges allein nicht getan war, sollte bald klar werden. 1866 entwickelte Francis Herbert Wenham vor der Aeronautischen Gesellschaft in London seine Ideen eines Flugapparates mit jalousieartig angeordneten Flügeln, die – wieder einmal – durch Menschenkraft bewegt werden sollten. Später hat er zusammen mit John Stringfellow Versuche mit einer eingebauten kleinen Dampfmaschine angestellt und hinsichtlich des Propellerantriebs wohldurchdachte Vorschläge gemacht. 1871 bzw. 1873 versuchten es



Die «Captif-Schraube» des Österreichers Wilhelm Kreß ist eine Vorläuferin des Hubschraubers und der Senkrechtstart-Flugzeuge. 1877 gelang dem Erfinder ein Modellflug. Der Flugapparat war allerdings nur ein Fesselfahrzeug; die Antriebskraft sollte eine Bodenstation mit Dampfmaschine und Dynamo über ein Kabel liefern

Claude Jobert und Abel Hureaux de Villeneuve mit kleinen Modellbauten von Schwingenfliegern. Mit Alphonse Pénaud (1871) beginnen dann die Versuche mit Drachenfliegern, also mit starren Tragflächen, und mit Luftschrauben als Antrieb. Es gelang ihm, ein freifliegendes Modell – als Spielzeug – zu bauen, das nur 16 Gramm wog; der Propeller wurde durch eine aufgedrehte Gummischnur getrieben. 1876 meldete Pénaud eine Flugmaschine zum Patent an. Von Wilhelm Kreß stammt ein verbessertes Spielzeugmodell (1877), gesteuert durch zwei mit der Hinterkante nach oben gerichtete Schwanzflächen. Diese Schwanzsteuer-Konstruktion ist für die spätere Weiterentwicklung der Flugzeuge von großer Bedeutung gewesen. Einen Preßluftmotor benutzte 1879 Victor Tatin, aber die Luft reichte bei seinen Modellen nur für einen Flug von 15 m aus. Während sich Enrico Forlanini 1878 um einen dampfgetriebenen Hubschrauber bemühte und ein Modell von 3,5 kg Gewicht baute, das tatsächlich bis zu 13 m Höhe aufstieg, suchte der Australier Lawrence Hargrave in Sidney nach einem geeigneten Motor. Seit 1885 machte er viele recht erfolgreiche Versuche mit Modellen, die auch mit Uhrwerk und Gummimotoren ausgestattet waren. Er erfand 1889 einen Stern-Rotationsmotor, der aber nur für Dampf oder Preßluft geeignet war.

Hiram Percy Maxim, der Erfinder des Maschinengewehrs, versuchte sich zuerst an einem Hubschraubenflugzeug und begann 1891 mit dem Bau einer riesigen Flugmaschine, die erst drei Jahre später vollendet wurde und ihn rund eine halbe Million Goldmark kostete. Maxims Flugzeug war ein mechanisches Wunderwerk: ein Doppeldecker mit einer Spannweite von rund 30 m. Als Antrieb diente ein mit Petroleum geheizter Schiffskessel; er lieferte den nötigen Dampf für zwei Verbundmaschinen, die mit 360 PS zwei zweiblättrige Propeller von je 5 m Durchmesser antreiben sollten. Die ganze Maschine wog 3625 kg und wurde auf einem erhöhten Geleise mit besonderen Schutzvorrichtungen ausprobiert, die ein Ausreißen verhindern sollten. Aber als man das Ungetüm wirklich in Gang setzte, war es einfach nicht zu bändigen. Der bedienende Mechaniker konnte gerade noch rechtzeitig den Dampf abstellen, um Unheil zu verhüten, und erst hinterher stellte man fest, daß der Ausreißer tatsächlich eine Strecke weit geflogen war. Dennoch: Eine so komplizierte und schwere Maschine konnte nicht den rechten Ausgangspunkt für eine wirklich erfolgversprechende Weiterentwicklung bieten.

Als weitere Vorkämpfer des Fluggedankens, denen allen freilich das Glück nicht hold war, verdienen, neben dem schon genannten österreichischen Klavierbauer Wilhelm Kreß, der amerikanische Astronom Professor Samuel Pierpont Langley und der französische Ingenieurmajor Clement Ader aufgeführt zu werden.

Kreß hatte 1877 Pénauds freifliegendes Schraubenmodell verbessert; 1898 konnte er seinen langgehegten Plan, ein motorgetriebenes Drachenflugzeug zu bauen, verwirklichen. Er unternahm seine Versuche auf dem Wasser des Untertullner Bachs; ein großer Dreidecker wurde auf Boote mit schmalen Kufen montiert. Die Versuche befriedigten nicht. Als ihm zu Weihnachten 1900 Kaiser Franz Joseph 5000 Kronen zur Verfügung stellte, nahm Kreß seine Experimente wieder auf, dieses Mal unter Verwendung eines Daimlermotors von 18 PS, von dem er hätte wissen müssen, daß er nicht genügend leistungsfähig war. Kreß versuchte es dennoch; dieser Leichtsinn hätte ihn fast das Leben gekostet. Der neue Versuch, ebenfalls auf dem Wasser, fand im Oktober 1901 statt. Das Flugboot gewann tatsächlich Fahrt und hob sich auch schon ein wenig aus dem Wasser, da kippte es beim Wenden um, und Kreß konnte mit Mühe und Not gerettet werden. Im folgenden Jahre wollte er seinen Versuch mit einem neuen Apparat auf dem Neusiedler See wiederholen, doch nun waren seine Geldmittel erschöpft. Der Kaiser setzte ihm ein Gnadengehalt aus, und bis zu seinem Tode im Jahre 1913 hielt der alte Erfinder Vorträge über Flugtechnik und zeigte seine Modelle.

Recht gute Erfolge erzielte Langley; nach mehrjährigen aerodynamischen Studien und Vorversuchen führte er im Jahre 1896 dem amerikanischen Kriegsdepartement auf dem Potomacfluß ein großes (unbemanntes) Modell vor, das zwei hintereinander angeordnete Tragflächen von 4 m Spannweite hatte und von einer kleinen Dampfmaschine angetrieben wurde. Als bei einem der zahlreichen Flüge innerhalb einer Dreiviertelminute die Entfernung von 1600 m zurückgelegt wurde, erhielt Langley 50000 Dollar für den Bau einer Maschine in voller Größe. In fünfjähriger Arbeit wurde dieses Flugzeug fertiggestellt und mit einem wassergekühlten fünfzylindrigen Sternmotor von 52 PS ausgestattet, den der mit Langley befreundete Professor Charles M. Manly konstruiert hatte. Am 8. Dezember 1903 versuchte man das Flugzeug mit Hilfe einer Schleudervorrichtung von Bord eines Hausbootes aus zu starten. Am Steuer saß Manly. Das Experiment mißglückte, weil das Katapult teilweise versagte; das Flugzeug ging in Trümmer und versank. Manly mußte aus dem Wasser des Potomac gerettet werden. Als auch ein erneuter Versuch nicht gelang, wurde dem Unternehmen weitere finanzielle Unterstützung versagt. Man hat Langley bitterlich verspottet; in geistiger Umnachtung ist der Professor im Jahre 1906 gestorben. Sein Schicksal mutet um so tragischer an, als sein altes, bis dahin im Museum aufbewahrtes Flugzeug, mit einem Schwimmer versehen, am 27. Mai 1914 – acht Jahre nach seinem Tode – auf das Wasser gebracht und, von Glen H. Curtiss gesteuert, tatsächlich geflogen ist.

Auch Clement Ader hat sich jahrelang um das Flugproblem bemüht. Im Jahre 1886 baute er eine Flugmaschine, den einer Fledermaus nachgebildeten, mit zusammenfaltbaren Flügeln ausgestatteten Apparat « Eole », angetrieben durch eine Dampfmaschine von 20–30 PS. Dieses Flugzeug soll sich 1890 wirklich vom Boden erhoben haben, wenn auch nur um Zentimeter. Im Auftrag des französischen Kriegsministeriums baute Ader dann im Jahre 1892 seine zweite Maschine « Avion », die keinen Erfolg hatte, und 1897 seine dritte, ein wahres Ungetüm mit einem turmartigen Dampfkessel, zwei mächtigen gewölbten Fledermausflügeln und zwei riesigen vierflügligen Propellern. Diese Maschine machte zwar einige Hopser, aber dem Kriegsministerium genügte das nicht, und die Weiterarbeit wurde eingestellt.

Alle diese Versuche, das Problem des Fliegens mit Maschinen, schwerer als die Luft, zu lösen, hatten in eine Sackgasse geführt. Inzwischen aber war ein Mann darangegangen, mit Gleitflugversuchen und exakten Messungen und Berechnungen in das Geheimnis des Fliegens einzudringen. In der Folgezeit sollte seine Arbeit den Anstoß zu einer unabsehbaren Weiterentwicklung geben, ohne daß es ihm selbst allerdings vergönnt gewesen ist, auch nur die Anfänge der wirklichen Luftfahrt erleben zu dürfen. Dieser Mann war Otto Lilienthal (1848–1896).

In Anklam als Sohn eines Kaufmanns geboren, zeigte er schon früh Interesse für allerlei mechanische Dinge. Ganz besonders fesselte ihn und seinen Bruder Gustav der Flug der Vögel; schon als Jungen beobachteten sie die Flugübungen der pommerschen Störche und wurden dadurch angeregt, künstliche Flügel zu basteln, mit denen sie von sanften Anhöhen Absprünge wagten. Aus diesen noch bubenhaften Spielen ist Otto Lilienthals Lebensaufgabe erwachsen.

Nach zweijähriger Ausbildung auf der Gewerbeschule zu Potsdam begann Lilienthal als 18jähriger seine praktische Lehrzeit in der Maschinenfabrik von Schwartzkopff in Berlin und studierte seit 1867 « Mechanik », das heißt Maschinenbau, an der Berliner Gewerbe-Akademie, deren Leiter damals der große Kinematiker Franz Reuleaux (1829–1908) war. Nach Beendigung des Krieges 1870/71, den er als Einjährigfreiwilliger mitmachte, ließ er sich als Ingenieur in Berlin nieder. In dieser Zeit widmeten sich die Brüder Lilienthal – bis etwa 1875 – erneut dem Studium des Vogelfluges, aber Otto war dann mit anderen technischen Aufgaben beschäftigt, ehe er von 1888 an seine Aufmerksamkeit wiederum ernstlich, und diesmal ausschließlich, dem Flugproblem zuwandte.

Von 1890 an bauten die Brüder Lilienthal eine Reihe von Gleitflugzeugen verschiedener Form, also von Apparaten, die starre Tragflächen hatten. Die ersten Versuche wurden im Garten des Hauses von Otto Lilien-

thal in Lichterfelde bei Berlin unternommen, weitere erfolgten vom Dach eines Schuppens im Gelände der Lichterfelder Kadettenanstalt und von einem in der Nachbarschaft künstlich aufgeschütteten Hügel von 15 m Höhe. Die Folge dieser zahlreichen Gleitflüge waren laufende Verbesserungen des Apparates selbst; vor allem lernte Lilienthal aber auch, sein Flugzeug immer besser zu lenken. Schließlich verlegte Lilienthal seine Übungen in die Stöllner Berge bei Rhinow, wo ihm Flüge von einigen hundert Meter Länge glückten (s. Tafel S. 223). Auch diese Versuche erbrachten Verbesserungen, insbesondere der Stabilitätseigenschaften durch Anbringen einer senkrechten Kielflosse. Otto Lilienthal hatte insgesamt mehr als 2000 Gleitflüge unternommen, als sein Apparat am 9. August 1896 von einer plötzlich auftretenden Böe gepackt wurde. Lilienthal vermochte den Stoß nicht rechtzeitig zu parieren – der Gleitflieger stürzte aus einer Höhe von über 10 m ab. Tags darauf starb der kühne Flugpionier an den Folgen seiner schweren Verletzungen.

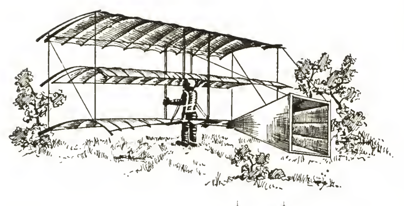
Die Frage liegt nahe, ob Lilienthal nicht an einen Kraftantrieb für seinen Drachen-Gleitflieger gedacht hat. In der Zeit ihrer ersten Versuche mit Schwingenfliegern, Anfang der 70er Jahre, haben die Brüder Lilienthal sich in der Tat mit der Idee getragen, einen leichten Motor einzubauen; ein langes, schraubenförmig gewundenes Messingrohr sollte als Dampferzeuger dienen und Kohlensäure als Treibstoff verwendet werden. Bei seinen Gleitflugversuchen in Lichterfelde und auf den Stöllner Bergen war Lilienthal jedoch noch nicht so weit vorgeschritten, daß er ein solches Unternehmen von neuem ins Auge hätte fassen können. Aber er sah im Gleitflug die Vorschule für den Motorflug. Das hat der Flugtechniker Gustav Koch 1896 eindeutig bezeugt.

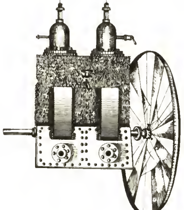
Lilienthals Gleitflüge erregten zwar großes Aufsehen, zunächst aber blieben seine Erfahrungen so gut wie ungenutzt, wenigstens in Europa. Nur einer verfolgte Lilienthals Experimente mit größtem Interesse: der aus Frankreich stammende amerikanische Eisenbahningenieur Octave Chanute in Chicago, der 1894 ein Buch über den Fortschritt der Flugmaschinen geschrieben hatte und kurz vor dem Tode Lilienthals an den Dünen des Michigansees mit drei jungen Leuten – darunter dem erfolgreichen Lilienthalschüler August M. Herring – begonnen hatte, Gleitflugzeuge zu bauen. Als Vorsitzender des Aerodynamischen Vereins in Washington ließ er einen Lilienthalschen Gleitflieger nach Amerika kommen, den dann auch die Gebrüder Wright durch Chanute kennenlernten.

In seinem Fliegerlager am Michigansee entwickelte Chanute und seine Mitarbeiter eine lebhafte Tätigkeit. Nachdem sich ein verbesserter Lilienthal-Eindecker in etwa 100 Flügen als nicht hinreichend stabil erwiesen hatte, ging Chanute zur Erprobung eines nach seinen Ideen gebauten

Mehrdeckers über, und im Herbst 1896 konnte Herring mit verbesserten Doppeldeckern wohlgelungene Gleitflüge bei Windgeschwindigkeiten bis zu 14 m je Sekunde ausführen. Dabei wurde der Auftrieb des Hangwindes nahe der Dünenkette vorteilhaft ausgenutzt. Niemals ist bei diesen zahlreichen Versuchen, an denen auch Laien aktiv teilnahmen, ein Unfall vorgekommen. Herring war es, der dann auch zwei Motoren mit Propellern einbaute, und 1898 soll ihm bereits mit einem Motorflugzeug ein kleiner Luftsprung geglückt sein. Aus ihren Erfahrungen kamen Chanute und Herring zu dem Schluß, daß das gewölbte Tragdeck, wie es Lilienthal angewendet hatte, die wirkungsvollste Flügelform darstelle, und daß nur das Segelflugzeug und das mit Propellerschrauben angetriebene Drachenflugzeug Aussichten auf Erfolg haben würden. Chanute wurde dann zum Berater der Brüder Wright, die Lilienthals Werk vollendeten.

Der Name der Brüder Orville und Wilbur Wright hat lange Zeit zwei «Außenseiter» völlig überschattet: Whitehead (1874–1927) und Jatho. 1901 veröffentlichten die «Illustrierten Aeronautischen Mitteilungen» eine Zuschrift des Herrn Whitehead aus Bridgeport in Connecticut, in der dieser seinen selbstgebauten Gleitflieger beschreibt. Im Aussehen erinnerte dieser Apparat an den von Lilienthal. Whitehead – er war als Gustav Weißkopf 1895 nach Amerika ausgewandert – berichtet, sein Flugzeug werde durch einen von ihm selbst konstruierten Azetylenmotor von (angeblich) 20 PS angetrieben. In Bridgeport habe er bereits zwei Flüge von je anderthalb Minuten Dauer über eine Strecke von rund 850 m erfolgreich ausgeführt. Weiter erfahren wir, daß Whiteheads erste auf 4 Rädern stehende Maschine eine Länge von knapp 5 m gehabt habe und mit zwei in entgegengesetzter Richtung arbeitenden Propellern ausgestattet gewesen sei. Whitehead hat in der Folge eine ganze Anzahl weiter verbesserter Maschinen gebaut. Mit einem Eindecker, der mit zwei selbstgebauten Kerosen-Motoren von 40 PS ausgestattet war, glückte ihm am 17. Januar 1902 ein Flug von 2 englischen Meilen (mehr als 3 km) über den Long Island-Sund, und am gleichen Tage sogar noch ein weiterer, ein Rundflug über 7 Meilen (10 km) in einer Höhe von etwa 60 m. Diese Maschine bestand nach Whiteheads Angaben zum größten Teil aus Stahl und Aluminium, hatte eine Gesamtlänge von über 9 m und eine Flügelspannweite von ebenfalls rund 9 m. Er selbst hat über seine Maschine und seine Flüge im «American Inventor» vom 1. April 1902 berichtet, doch mag das Datum – der 1. April – einigen Zweifel aufkommen lassen. «Wenn diese Flüge tatsächlich stattgefunden haben», sagt dazu der Flughistoriker Peter Supf, «und man kann nach den Zeugenaussagen kaum daran zweifeln, wenn sich die Zeugen auch in bezug auf die Höhe und Dauer der Flüge geirrt haben mögen, so sind sie doch zu ihrer Zeit so völlig unbeachtet geblieben,





Eines der Gleitflugzeuge und ein Motor des Flugpioniers Gustav Whitehead

daß sie keine Wirkung auf die Entwicklung der Fliegerei ausgeübt haben. Auch Gustav Whitehead gehört zu jenen Gestalten, die der Lösung des Flugproblems ganz nahe waren, ohne den Menschenflug verwirklichen zu können.» Da Whitehead die Mittel ausgegangen waren, konnte er seine Erfindung nicht patentieren lassen.

Karl Jatho (1873–1933) hatte sich seit 1893 mit dem Problem des Flugzeugs mit Propellerantrieb befaßt. 1897 baute er seinen großen Drachenflieger, einen Doppeldecker ohne Rumpf und Schwanz mit 54 Quadratmeter Tragfläche, Benzinmotor und Anfahrrädern. Nach einigen Rollproben glückte Jatho am 18. August 1903 in der Vahrenwalder Heide bei Hannover ein «Luftsprung» von 18 m Weite in 3/4 m Höhe, und im Herbst desselben Jahres konnte er mehrere solcher Hopser wiederholen. Zu besseren Leistungen aber war der Motor zu schwach. Das sind gewiß keine besonders bemerkenswerten Erfolge, aber sie lagen zeitlich vor dem

Zwölfsekundenflug über eine Strecke von 53 m, der Wilbur Wright bei Kitty Hawk am 17. Dezember 1903 glückte (s. S. 364). Jatho ist es auch gewesen, der die erste Fliegerschule in Deutschland begründet hat.

Inzwischen hatten in aller Stille die Brüder Wilbur Wright (1867–1912) und Orville Wright (1871–1948), von Octave Chanute beraten, in Kitty Hawk, Nordcarolina, nach gründlichen theoretischen Vorarbeiten mit ihren planmäßigen Gleitflugversuchen begonnen (1900). Alles, was sie über die Methoden und Veröffentlichungen ihrer Vorgänger in Erfahrung hatten bringen können, war von ihnen gründlich studiert worden; als Fahrradfabrikanten verfügten sie auch über die nötigen technischen Kenntnisse. Die Wrights kamen zu der Überzeugung, daß längere Gleitflüge bis dahin mißlungen seien, weil die Stabilität viel zu wünschen übriggelassen habe. Ihren ersten Apparat bauten sie nach dem Muster von Chanute, aber mit einer kleinen steuerbaren Tragfläche vor der Front, und ohne Schwanz. Eine weitere Änderung bestand darin, daß der Flieger eine liegende Stellung einnehmen mußte. Durch die horizontale Lage des Steuernden konnten nach Ansicht der Wrights auch kleinste Gleichgewichtsstörungen leichter bemerkt und ausgeglichen werden. Von Anbeginn an benutzten sie auch, um das Gleichgewicht in der Querlage zu erhalten, die «Verwindung» der Flügelenden; jetzt brauchte man also nicht mehr, wie es noch bei Lilienthal notwendig war, den Körper zu verlagern, um den Gleitflieger auszubalancieren. Die ersten drei Jahre waren Lern- und Übungsjahre, in denen all die praktischen Erfahrungen gesammelt wurden, die dann ihre Nutzanwendung im Motorflug finden sollten.

Die ersten Gleitflugversuche wurden im Jahre 1900 etwa 6 km südlich Kitty Hawk vom Kill-Devil-Sandhügel aus unternommen. Über 37 m führte der erste «Flug». Der zweite vergrößerte Wright-Apparat von 1901 war ein Doppeldecker mit 35 Quadratmeter Tragfläche. Diesen Tragflächen gaben die Brüder eine Krümmung von 1 : 12, ein Verhältnis, das bereits Lilienthal hinsichtlich der Hubkraft als das geeignetste ermittelt, aber aus Stabilitätsgründen nicht angewendet hatte. Schon in diesem Jahr gewannen die Brüder so viel Übung, daß sie 100 m weit zu gleiten vermochten.

Mit dem 1902 gebauten dritten Gleitflieger, einem Doppeldecker von annähernd 10 m Spannweite und 1,6 m Flügelbreite, übertrafen die Wrights bereits Lilienthals Höchstleistungen. Das Gestell dieser Maschine bestand aus Fichtenholz, das durch Klaviersaitendrähte zusammengehalten wurde; für die Flächenbespannung wurde Ballonstoff gewählt. Über 1000 Gleitflüge, deren längster bei einer Flugdauer von 26 Sekunden eine Strecke von 622,5 m betrug, verliefen ohne ernstere Unfälle. Anfang 1903 vermochte Wilbur bei starkem Winde gelegentlich 72 Sekunden in der

Luft zu bleiben. Jetzt waren die Brüder so weit, daß sie an die Motorisierung ihrer Maschine denken konnten. Zu diesem Zweck wurden zunächst genaue Messungen über die Hubkraft ihres Apparates angestellt und ermittelt, welche Motorkraft zum Heben der Maschine bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten erforderlich war. Nun gab es zwar im Jahre 1903 bereits Automobilmotoren von 90 PS Leistung, aber für die Absichten der «fliegenden Brüder» war deren Gewicht viel zu groß. So bauten sie selbst einen Motor, und zwar einen liegenden vierzylindrigen Reihenmotor mit Wasserkühlung, der einschließlich Vergaser und Schwungrad 62,7 kg wog und etwa 16 PS leistete. Zwei in entgegengesetzter Richtung rotierende Luftschrauben wurden von ihm angetrieben. In den ersten Dezembertagen 1903 war die Maschine startbereit. Der Apparat besaß noch keine Räder, sondern war auf Schlittenkufen montiert und wurde auf einer Holzschiene gestartet.

Die Mühe hatte sich gelohnt. Mit dem 17. Dezember 1903 beginnt die eigentliche Geschichte des Motorfluges. An diesem Tage unternahmen die Brüder von einem 60 m hohen Hügel aus bei einer Windgeschwindigkeit von 9,72 Meter je Sekunde je zwei Flüge. Der erste, mit Wilbur Wright am Steuer, dauerte 12 Sekunden – 53 m wurden «übersprungen», der vierte, der wiederum Wilbur glückte, führte in 59 Sekunden über eine Strecke von 260 m. Nach der Landung wurde die Maschine von einem plötzlichen starken Windstoß erfaßt und erheblich beschädigt. 1904 begannen sie mit einem stärkeren Motor von 25 PS eine neue Reihe von Versuchen und konnten zunehmend bessere Leistungen erzielen. Diese Versuche fanden ganz im geheimen statt, auf der Huffmann-Prärie bei Simms Station, 17 km von Dayton im Staat Ohio entfernt – die Wrights haben übrigens stets die Öffentlichkeit gescheut. Am 15 September 1904 konnten sie 800 m in einer Kurve zurücklegen, und elf Tage später wurde ein vollkommener Kreis geflogen, bei dem, nach Messungen mit einem Anemometer, 1630 m in der Luft und 1400 m dicht über dem Boden zurückgelegt wurden. Am 9. November schließlich bewältigten sie bereits eine Strecke von 4½ km mit einer Stundengeschwindigkeit von 51 km. Insgesamt glückten den Brüdern Wright während des Jahres 1904 105 Landungen.

Die Flugversuche wurden im Frühjahr 1905 fortgesetzt; sie endeten mit einer großartigen, bis dahin unerhörten Leistung: Am 5. Oktober 1905 führte ein Rekordflug von 38 Minuten 3 Sekunden über eine Strecke von 38,956 km.

Die Berichte, die damals nach Europa gelangten, stießen zumeist allgemein auf Unglauben. Das ist heute nicht mehr recht verständlich. Denn die tastenden Flugversuche der überaus eifrigen französischen Flugpioniere

in den Jahren 1905 und 1906 wurden mit Begeisterung begrüßt, obwohl die «Flüge» nicht mehr waren als kurze Luftsprünge. So hatte Alberto Santos-Dumont, der sich jetzt mit Flugzeugen und nicht mehr mit Luftschiffen beschäftigte, 1906 seinen ersten Doppeldecker mit Fahrgestell gebaut, dem alsbald ein verbesserter mit einem 50-PS-Antoinettemotor folgte. Wie groß war der Jubel, als Santos-Dumont mit dieser Maschine am 23. Oktober 1906 einen «Flug» von 60 m schaffte – er bekam für diese Leistung den Archdeacon-Preis (s. unten) – und als er am 12. November gar 220 m in 3 m Höhe zurücklegte. Aber das war mehr als ein Jahr nach dem Wrightschen Dauerflug über fast 40 Kilometer!

Die letzten Zweifel an der Wahrheit der Berichte über die Leistungen der fliegenden Brüder schwanden in Deutschland erst, als der bekannte Luftschiffer und Fachschriftsteller Adolf Hildebrandt im Jahre 1907 sich selbst nach Dayton begab, dort vertrauenswürdige Augenzeugen befragte und einen ausführlichen Bericht nach Berlin sandte, der am 18. November 1907 im «Berliner Lokal-Anzeiger» erschien.

Die Brüder Wright unterbrachen ihre Flugübungen zeitweise, um ihre Geheimnisse nicht preiszugeben, und ließen ihre Erfindung in Amerika durch ein Patent schützen – es wurde 1903 eingereicht und 1906 unter der Nummer 821 393 erteilt. Mit den Wrights war nicht leicht auszukommen, weil sie sehr mißtrauisch waren und allenthalben Nachahmungen oder Patentverletzungen witterten. Auch mit Chanute, dem sie viel zu verdanken hatten, überwarfen sie sich. Kennzeichnend ist die Anekdote, mit der Glenn H. Curtiss, der für die Langleysche Flugmaschine nachträglich bewies, daß man mit ihr fliegen konnte, gelegentlich seine Gäste zu amüsieren pflegte: Orville rief Wilbur aufgeregt zu: ‚Schau! Da ist wieder ein Flieger, der unser Patent verletzt hat!' – ‚Natürlich hat er das getan', meinte Orville, ‚das ist genau unsere Verwindung und unsere Steuerung!' ‚Ruf die Polizei', rief wiederum Wilbur. Aber Orville, der jetzt durch ein Fernglas den patentbrechenden Flieger beobachtete, legte sanft seine Hand auf Wilburs Arm: ‚Geh nur wieder an die Arbeit, Wilbur. Es ist – eine Ente!'

In Frankreich hatte der Artilleriehauptmann F. Ferber als einziger Flugversuche nach Lilienthals Methode fortgeführt. Er war es auch, der im Jahre 1901 den Aero-Club für das Problem des Motorfluges so weit zu interessieren vermochte, daß ein Wettbewerb für Flugzeuge ausgeschrieben wurde, für den H. Deutsch de la Meurthe und Ernest Archdeacon ansehnliche Preise stifteten. Wer aber hätte daran teilnehmen können? Es gab ja nichts Brauchbares! Da hörte Ferber 1904 von den Erfolgen der Brüder Wright. Zunächst wandte er sich an Chanute, dann, als dieser die Gerüchte bestätigte, an die Brüder Wright, von denen er eine Maschine

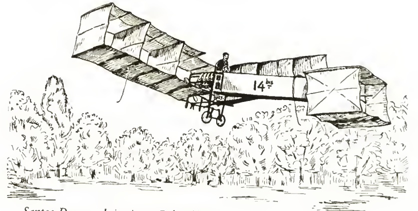
kaufen wollte. Allein diese antworteten, wie ihrer Art nach nicht anders zu erwarten war, ausweichend. Und als sie ihm schließlich im November 1905 einen Apparat für eine Million Franken anboten, da wurde der Hauptmann Ferber von seiner vorgesetzten Dienststelle einfach ausgelacht und, wie er sagt, für nicht ganz klar im Kopf gehalten, denn es sei doch offensichtlich, daß er einem amerikanischen Bluff aufgesessen sei!

Wie in Deutschland, so gab es auch in Frankreich eine lebhafte Auseinandersetzung über die Wrights, und die Zeitschrift «L'Auto» schickte einen ihrer Redakteure nach Dayton. Dort trieb dieser regelrechte «Werkspionage». Es gelang ihm, das Klischee einer Zeichnung des Wright-Apparates in die Hand zu bekommen, deren Veröffentlichung in den «Dayton Daily News» die ewig mißtrauischen Wrights in letzter Minute noch hatten verhindern können. Und nun brachte «L'Auto» diese Abbildung am 24. Dezember 1905! Die französischen Flugtechniker stürzten sich darauf und studierten sie sehr gründlich; Ferber hat zugegeben, daß beispielsweise das Kastensteuer der ersten Flugzeuge von Léon Delagrange und Henri Farman den Wrights abgesehen war.

Hauptmann Ferber blieb unermüdlich in seiner Werbung für die Luftfahrt und suchte nach immer neuen Wegen, den Amerikanern den Rang ablaufen zu können. Er vermochte jedoch die bürokratischen Hindernisse nicht zu überwinden, und erst nach zehnjährigem, mühseligem Ringen glückte ihm im Jahre 1908 – längst nicht mehr als erstem – ein Motorflug.

Auch andere französische Flugenthusiasten waren nicht müßig. Ernest Archdeacon und Gabriel Voisin erprobten in Issy-les-Moulineaux einen Gleiter Wrightscher Bauart – ohne Erfolg. Alberto Santos-Dumont legte am 12. November 1906 immerhin 220 m zurück (s. S. 364). In den beiden nächsten Jahren mehren sich die wenn auch noch recht bescheidenen Erfolge der eifrigen französischen Luftpioniere wie Léon Delagrange, Robert Esnault-Pelterie oder Henri Farman: Farman überbietet am 26. Oktober 1907 mit einem Flug von 771 m Länge in einem Apparat aus der Fabrik von Gabriel Voisin den Rekord von Santos-Dumont. Genau ein Jahr später gelingt wiederum Farman mit einem Passagier an Bord der erste Überlandflug über 27 km in 20 Minuten von Bouy bei Châlons nach Reims; dabei wird eine Höhe von 50 m erreicht. Auch der später so berühmt gewordene Louis Blériot verdient sich jetzt seine ersten «Flugsporen» mit Luftsprüngen von 100 bis 150 m, was freilich nicht ohne Unfälle geht.

Nicht nur in Frankreich geschah etwas: Nicht gering war die Überraschung, als man hörte, daß am 12. September 1906 – genau einen Tag, bevor Santos-Dumont seinen ersten Luftsprung von wenig mehr als 10 m in 1 m Höhe geschafft hatte – der dänische Ingenieur Jacob Christian



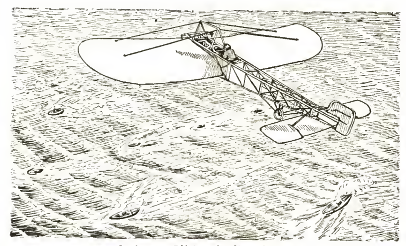
Santos-Dumont bei seinem Rekordflug – 220 m! – von 1906. Das Höhensteuer liegt vorn, die Maschine fliegt also nach rechts

Hansen Ellehammer auf der Ostseeinsel Lindholm mit einem Drachenflieger, der einen Zweizylindermotor von 18 PS besaß, einen «Luftsprung» von 40 m Länge in einer Höhe von 2 m zustandegebracht hatte. Doch das war eigentlich nur ein Schreckschuß. Führend im europäischen Motorflug blieb Frankreich.

Durch die wachsenden Erfolge der Franzosen waren die Brüder Wright natürlich sehr beunruhigt; sie mußten erkennen, daß sie ihre Monopolstellung auf die Dauer nicht würden halten können. Es galt, mit den Franzosen ins Geschäft zu kommen. Der Bevollmächtigte der Wrights, Hart O'Berg, und Lazare Weiller erreichten es, daß im April 1907 eine französische Gesellschaft mit dem Ziel gegründet wurde, dieWrightpatente zu erwerben, wofür die Gesellschaft eine halbe Million Franken bot unter der Bedingung eines Probefluges mit zwei Personen an Bord.

Während Orville Wright 1908 in den Vereinigten Staaten seine Flugübungen wieder aufnahm, um zu erreichen, daß das amerikanische Kriegsministerium die Maschine abnehme, begab sich Wilbur im Sommer des gleichen Jahres nach Frankreich und begann hier am 8. August seine Versuche auf dem Rennplatz von Hunaudière, den er jedoch bald mit dem als Fluggelände geeigneteren Schießplatz Avours vertauschte. Hier stellte er am 31. Dezember 1908 mit einem Flug von 2 Stunden, 21 Minuten und 23 Sekunden einen neuen Weltrekord auf. Die dabei zurückgelegte Strecke betrug 124,7 km, die erreichte Höhe 115 m. Erst im August des folgenden Jahres vermochten die französischen Flieger diese Leistung zu überbieten. Wilbur Wright blieb noch einige Zeit in Frankreich, um in Pau seiner Verpflichtung, drei Schüler auszubilden, nachzukommen. Einer dieser Schüler war der Graf G. A. de Lambert, der am 18. Oktober 1909

als erster den Eiffelturm in Paris mit einem Flugzeug in 400 m Höhe umflog. Das fliegerische Ereignis des Jahres 1909, das die Gemüter damals weit mehr bewegte als heute der Start einer Mondrakete, war die Überquerung des Ärmelkanals mit einem Flugzeug. 25 000 Franken hatte die «Daily Mail» als Preis ausgesetzt. Drei Franzosen bereiteten sich bei Calais in aller Heimlichkeit auf diesen Flug vor: Hubert Latham, der aussichtsreichste Bewerber – er hatte am 3. Juni mit seinem Antoinette-Eindecker bereits einen Flug von 1 Stunde, 7 Minuten und 37 Sekunden geschafft; dann der Wrightschüler Comte de Lambert und schließlich der Pechvogel Louis Blériot, dessen Erfolge bisher darin bestanden hatten, daß ihm eine Maschine nach der anderen durch Abstürze – gottlob nur aus geringer Höhe – verlorengegangen war. Kein Wunder also, wenn man ihm am wenigsten zutraute, daß er den Kanalflug schaffen würde. Latham war am 13. Juni so weit, daß er starten konnte; das unter Dampf wartende Torpedoboot «Harpon», das den Flug begleiten sollte, um im Falle eines Unglücks zur Stelle zu sein, wurde durch Signale benachrichtigt. Aber Latham hatte Pech: sein Motor setzte aus, als bereits eine Strecke von 16 km zurückgelegt war. Aus einer Höhe von 300 m mußte Latham im Gleitflug auf das Wasser niedergehen. Klatschnaß, im übrigen aber guter Dinge, wurde der Flieger mitsamt seinem beschädigten Apparat aufgefischt. Auch ein zweiter Versuch am übernächsten Tage mißglückte kurz vor dem Ziel. Der Graf de Lambert war mit seinen Vorbereitungen noch nicht fertig, als der dritte Rivale, Blériot, am 25. Juni mit seinem Eindecker «Blériot XI» in aller Herrgottsfrühe seinen Flug antrat und nach



25. Juni 1909: Blériot überfliegt den Kanal

einem Flug von 32 Minuten auf einer Golfwiese bei Dover glücklich landete. Er hielt einen triumphalen Einzug in London und wurde nach seiner Rückkehr in Paris mit Ehren geradezu überhäuft.

In Deutschland hatte man sich um den Motorflug noch recht wenig gekümmert, denn hier standen im Vordergrund des Interesses die Zeppeline. Auf der ersten Flugwoche in Reims 1909, bei der es zu aufsehenerregenden Erfolgen des Flugzeugs kam, war kein einziger deutscher Flieger anwesend, als H. Farman 3 Stunden, 4 Minuten und 56 Sekunden in der Luft blieb und Glenn H. Curtiss mit 56,5 Stundenkilometern einen Schnelligkeitsrekord aufstellte. Immerhin: Im Dezember 1907 war die Gründung des Deutschen Aero-Clubs erfolgt, und am 28. Juni 1908 hatte in Kiel der erste Flugtag stattgefunden. Allerdings war als einziger nur der Däne Ellehammer gestartet, dem ein kurzer Flug über 47 m in 2 m Höhe gelang.

Ganz untätig allerdings waren die Deutschen seit Lilienthals tragischem Ende 1896 auch nicht gewesen. Da war der Hamburger Professor Friedrich Ahlborn. Er hatte herausgefunden, daß die langgeflügelten Samen der tropischen Kürbispflanze Zannonia macrocarpa geradezu ideale Gleitflug-Eigenschaften aufwiesen und deshalb ein «biotechnisches» Vorbild für den Flugzeugbau abgeben könnten. Lilienthal, den Ahlborn auf die Zannonia-Samen aufmerksam gemacht hatte, nahm keine Notiz von dieser Mitteilung. Im Jahr nach Lilienthals Tod, 1897, veröffentlichte der Hamburger Professor seine Schrift «Über die Stabilität der Flugapparate». Was er hier über die Zannonia-Samen als Vorbild für die Gestaltung von Tragflächen ausführte, machte sich der Österreicher Igo Etrich (* 1879) zunutze, ohne dem Anreger die Ehre zu geben: 1907 baute er die Tragflächen seines ersten Gleitfliegers und später seine «Taube» – die Vorläuferin der fast sprichwörtlich gewordenen «Rumpler-Taube» – nach der Form der Zannonia-Flügel.

Die Ehre, als erster Deutscher mit einem Motorflugzeug geflogen zu sein, gebührt dem Ingenieur Hans Grade (* 1879), der sich am 28. Oktober 1908 in Magdeburg für allerdings nur wenige Sekunden über den Boden erhob und am 2. November einen Luftsprung über 60 m bei 8 m Höhe schaffte. Hans Grade flog einen Dreidecker, und der luftgekühlte sechszylindrige Motor von 36 PS, der 38 kg wog, stammte aus Grades eigenen Motorenwerken, in denen damals «schnelle» Motorräder gebaut wurden. Im Jahre 1909 siedelte Grade nach Johannisthal über – einem Vorort von Berlin, der zu einer Hochburg der Fliegerei werden sollte – und baute dort einen Eindecker mit einem 25-PS-Motor, mit dem er rasche Fortschritte erzielte. In Johannisthal wurde auch der Lanz-Preis ausgetragen, ein Fliegerwettbewerb, bei dem die für das Jahr 1909 zu

erfüllende Bedingung lautete, eine Acht zu fliegen. Hans Grade gelang das am 30. Oktober mit einer Flugdauer von 2 Minuten 43 Sekunden; im nächsten Monat folgte ihm August Euler (1868–1957), der Rad- und Automobilrennfahrer, mit seinem Zweidecker. Beide begründeten Fliegerschulen, in denen viele Piloten ausgebildet wurden, und beide erhielten am 1. Februar 1910 vom Deutschen Luftfahrer-Verband ihre Führerzeugnisse: Euler Nr. 1 und Grade Nr. 2.

Auf der Fliegerwoche zu Frankfurt am Main, die vom 3. bis 10. Oktober 1909 im Anschluß an die erste Internationale Luftschiffahrtausstellung (Ila) stattfand, zeigten vor allem Orville Wright und die inzwischen weltberühmt gewordenen Franzosen Blériot, Latham, Rougier, ferner der Belgier de Caters, der Däne Nervö und andere ihre Künste und heimsten die Preise ein. Als einziger Deutscher beteiligte sich August Euler, der dabei sogar den Preis für den weitesten Tagesflug gewinnen konnte. Sein deutscher Rekord vom 25. Oktober 1910 über eine Flugdauer von 3 Stunden, 6 Minuten und 18 Sekunden wurde erst nach Jahresfrist überboten.

Wie schnell man in eine neue Epoche der Eroberung des Luftraums eingetreten war, bewies im August 1910 der «Circuit de l'Est» in Frankreich: Die Flieger hatten in sechs Etappen eine Strecke von etwa 800 km zu bewältigen – noch kein halbes Jahrzehnt vorher war man froh gewesen, ein paar Meter «überspringen» zu können! Der Franzose Alfred Leblanc errang den Sieg mit einer Gesamtzeit von 12 Stunden und 56 Sekunden und gewann damit 127 000 Franken.

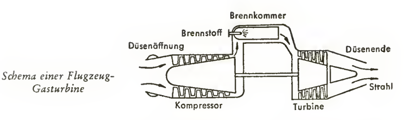
Unter den deutschen Flugpionieren und frühen Konstrukteuren verdient noch Hermann Dorner (Führerzeugnis Nr. 18) genannt zu werden, der 1907 seine Gleitflüge mit einer neuartigen Form eines Flugdrachens auf drei Rädern begann. Dorner fand finanzielle Unterstützung und konnte im Jahr darauf seinen ersten Eindecker mit selbstgebasteltem Motor von 18-, später 25-PS-Leistung bauen. Bei der Berliner Flugwoche 1909 in Johannisthal war er der einzige Flieger mit einer vollkommen deutschen Maschine. Am 11. Juli 1910 gewann Dorner mit einer verbesserten Maschine den dritten Lanz-Preis. Die von ihm gegründete Dorner-Flugzeug-Gesellschaft fand in Georg Schendel einen kühnen und erfolgreichen Piloten, dessen Rekordflüge die Sensation der Flugwochen des Jahres 1911 wurden, bis er am 9. Juni 1911 tödlich abstürzte. In diesem Jahr zählte die deutsche Flugzeugindustrie bereits 18 Fabriken, die freilich alle schwer um ihre Existenz zu ringen hatten.

Die große Wende brachte dann der erste Weltkrieg: Aus einem – wenn auch gefährlichen – Sport wurde blutiger Ernst. Aber die technische Entwicklung der Flugzeuge und ihrer Motoren sowie die fliegerische Erfahrung machten Riesenschritte nach vorn. Zukunftweisend wurde vor allem

der gegen Ende des Krieges in Deutschland entwickelte Ganzmetallbau: Das Grundbaumuster aller moderner Verkehrsflugzeuge ist die in der zweiten Hälfte des Jahres 1918 geschaffene «Ju F 13», die von dem Direktor der Junkerswerke Reuter von vornherein als Verkehrsmaschine entworfen worden war. Der «Blechesel» war ein Tiefdecker ganz aus Metall; Schöpfer dieser Bauweise waren Claudius Dornier (* 1884) und Hugo Junkers (1859–1935).

Sehr bald nach dem Kriege zeigte es sich, was das Flugzeug zu leisten vermochte: Die britischen Fliegeroffiziere John Alcock und Arthur Whitten meisterten am 14./15. Juni 1919 den Flug über den Nordatlantik ohne Zwischenlandung. 16 Stunden und 12 Minuten brauchten sie für die Strecke von Neufundland nach Irland. Mit dieser ersten Überfliegung des Atlantik gewannen die beiden Engländer den Preis der «Daily Mail» in Höhe von 10 000 Pfund Sterling. Der erste vollständige Atlantikflug gelang im Jahre 1927 dem Amerikaner Charles Lindbergh, der ohne Begleiter von Roosevelt-Field über Irland nach Le Bourget bei Paris – eine Strecke von 5800 km – in 33½ Stunden zurücklegte. Es war ein reichlich leichtsinniges Unternehmen mit einem neuen, unerprobten Eindecker; es gab keine Funkverbindung, und der junge Mann flog seine «Spirit of St. Louis» im Straßenanzug mit Strohhut! Knapp ein Jahr später, am 12. April 1928, überquerten Hermann Köhl, Ernst Günther Freiherr von Hünefeld und der Ire James Fitzmaurice den Atlantischen Ozean in umgekehrter Richtung und lösten damit eine weit schwierigere Aufgabe, denn Lindbergh war mit Rückenwind geflogen. Mit der «Bremen», einer normalen Junkers-Maschine vom Typ W 33, starteten sie in Baldonnel, Irland; 35½ Stunden später waren sie nach stürmischem Flug in Greenly Island an der kanadischen Küste. Elf Jahre danach flogen die ersten Passagierflugzeuge über den Atlantik.

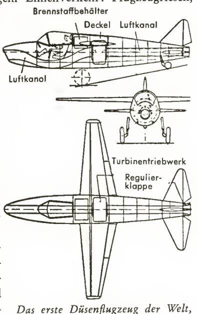
Doch da hatte schon eine ganz neue Entwicklung eingesetzt, die den Flug mit Maschinen, «schwerer als die Luft», abermals revolutionär veränderte: An Reißbrettern und Modellen erarbeiteten in Großbritannien und Deutschland Forscher und Konstrukteure einen völlig anderen Antrieb für das Flugzeug: den Rückstoß. Seit 1925 plagten sich in Deutschland bei Junkers, bei Heinkel, bei BMW die Ingenieure mit den Entwürfen von Strahltriebwerken, deren nach hinten durch eine Düse ausgestoßenen Gase den Schub für ein propellerloses Flugzeug liefern sollten. 1928 veröffentlichte dann der damals 21 Jahre alte Engländer Frank Whittle (* 1907) seine erste Arbeit über den Rückstoßantrieb, zwei Jahre später erhielt er – damals war er noch Kadett der britischen Luftwaffe! – sein erstes Patent auf eine Gasturbine. Das erste Düsenflugzeug, das mit jaulender Turbine durch die Luft jagte, war die Heinkel He 178: am



Schema einer Flugzeug-Gasturbine

27. August 1939 in Warnemünde. Die Briten folgten zwei Jahre später, am 31. Mai 1941, mit der Gloster E 28/39 über Cranwell. Im gleichen Jahr wie das Düsenflugzeug hatte auch der Raketenrückstoß seine Bewährungsprobe als Flugzeugantrieb bestanden: Am 20. Juni 1939 flog der Heinkel-Pilot Erich Warsitz in Peenemünde das erste reine Raketenflugzeug, eine He 176 mit einem Walter-Triebwerk. Und vier Jahre danach, im Herbst 1943, starteten die ersten Messerschmitt Me 163 «Komet» von mitteldeutschen Flugplätzen und erreichten Geschwindigkeiten von über 1000 km in der Stunde. Abermals 15 Jahre später – im Herbst 1958 – überfliegen britische und amerikanische Düsenverkehrsflugzeuge in 8000 bis 13 000 m Höhe mit einer Reisegeschwindigkeit von 970 Stundenkilometern den Atlantik in regelmäßigem Linienverkehr: Flugzeugriesen, deren Rumpf 44 m lang ist, länger als die erste Flugstrecke der Brüder Wright, die in Kitty Hawk einst glücklich waren, 37 m hinter sich gebracht zu haben.

Gegen die Düsenflugzeuge, die mit Überschallgeschwindigkeit hoch am Himmel die weißen Linien ihrer Kondenzstreifen ziehen, wirken die Drehflügelflugzeuge, die mit behaglich schnurrender Tragschraube dahergebummelt kommen, ausgesprochen gemütlich. Drehflügler – das ist ein noch wenig benutztes Wort für jene Flugzeugtypen, die man gemeinhin als Hubschrauber oder Helikopter bezeichnet. Vielfache Verwendungsmöglichkeit gibt es für sie vor allem deshalb, weil sie keine langen Start- und Landebahnen benötigen und außerdem sozusagen in der Luft «stehen-



Das erste Düsenflugzeug der Welt, Heinkel He 178

bleiben» können. Daß die Luftschraube sich vertikal zu erheben vermag, hat schon Leonardo da Vinci gewußt, der um 1492 einen Schraubenflieger entwarf: «Wenn du ein Lineal mit rasender Geschwindigkeit im Kreis herumführst, wirst du bemerken, daß dein Arm in die Höhe gehoben wird... Ich finde, daß dieser Apparat, wie eine Schraube geformt, sich in die Luft hineinbohrt und in die Höhe steigt.» Alexis Jean Pierre Paucton, der 1768 die Theorie der Schraubenfläche bearbeitete, wies ebenfalls auf diese Möglichkeit hin, und 1784 führten Launoy und Bienvenu der Pariser Akademie der Wissenschaften eine kleine Luftschraube vor, die sich bis zur Saaldecke erhob. Das war etwas ganz Ähnliches wie das aus einem dreiflügligen Luftkreisel bestehende Spielzeug, das Sir George Cayley im Jahre 1852 konstruiert hat – es ist für viele Konstrukteure zur Anregung geworden. Der Vicomte Gustave Ponton d'Amécourt hat sich von 1863 an lebhaft mit diesem Problem beschäftigt und 1865 das Modell eines dampfgetriebenen Helikopters gebaut, mit einem Kessel aus Aluminium und Zylindern aus Bronze, das 1868 auf der Londoner Luftschiffahrtsausstellung gezeigt wurde, und Gabriel de la Landelle hat um die gleiche Zeit ähnliche Projekte entworfen, so ein ganzes Dampfboot, das von zwei vertikalen Schrauben mit je vier übereinander angeordneten Flügelpaaren emporgehoben werden sollte. Im Jahre 1877 flog das «Captifschrauben-»Modell von Kreß (s. S. 355), und 1878 wurde von Enrico Forlanini das Modell eines Dampf-Helikopters gefertigt, das sich nach seiner Versicherung 20 Sekunden lang 13 m hoch in die Luft erhob, und der Engländer Patrick Alexander stellte 1899 in Bath Versuche mit einem Hubschrauber im großen an, dessen Schraube neun Meter maß. Ein Modell, von Henri und Armand Dufaux aus Genf gebaut, wurde mit einem Spezialmotor und vier Schrauben 1905 im Park des Aero-Clubs in Saint-Cloud vorgeführt und vermochte bei einem Eigengewicht von 17 kg eine Nutzlast von 6 kg zu heben. Zwei Jahre später gibt es gleich zwei Hubschrauber, den von Louis Bréguet, der schon ganz modern aussieht und auch schon einige kurze Überlandflüge schaffte, und die bizarre Konstruktion von Paul Cornu. Diese beiden Apparate waren echte Hubschrauber: Die waagerecht angeordneten rotierenden Flügel sorgen gleichzeitig für Auftrieb und Vortrieb. Kein Hubschrauber im wahren Sinne des Wortes hingegen war das «Autogiro» des spanischen Ingenieurs Juan de la Cierva, der seit 1922 dem Drehflügelflugzeug die ersten Achtungserfolge verschaffte. Die riesigen Windmühlenflügel dienten nämlich nur zum Auftrieb beim Senkrechtstart; beim eigentlichen Flug wurde das Autogiro durch einen Zugpropeller vorwärtsbewegt, während die Windmühlenflügel nur vom Fahrtwind bewegt langsam rotierten. Diese «Tragflügler» werden heute nicht mehr gebaut. Zum vollen Erfolg wurde das Dreh-

flügelflugzeug erst 1936 durch Heinrich Focke mit seiner FA 61 geführt. Aber auch die FA 61 war noch kein echter Hubschrauber, sondern ein Flugschrauber: Dieses System ist dadurch gekennzeichnet, daß die waagerechten Tragschrauben und der Zugpropeller gleichzeitig angetrieben werden. Die Entwicklung des reinen Hubschraubers, bei dem der waagerechte Rotor allein für Antrieb und Vortrieb zugleich sorgt, ist besonders mit dem Namen des 1889 in Rußland geborenen, 1919 nach den USA ausgewanderten Flugzeugbauers Igor Iwanowitsch Sikorski verbunden. Heute baut man bereits Hubschrauber, deren Drehflügel durch Düsenrückstoß rotieren.

Drehflügler schließlich sind auch jene Senkrechtstartflugzeuge, die sozusagen auf dem Schwanz stehend starten und von gegenläufigen Luftschrauben wie ein Hubschrauber emporgetragen werden, um dann erst in die horizontale Lage einzuschwenken. Wenn sie jetzt als «normale» Flugzeuge weiterfliegen, arbeiten die Schrauben, die beim Senkrechtstart (und bei der Senkrechtlandung) als Auftrieb verleihende Rotoren wirkten, nunmehr als Zugpropeller. Kaum bekannt ist die Tatsache, daß diese seit einigen Jahren bei der amerikanischen Luftwaffe erprobten «VTOL» (Vertical-Take off and Landing) -Flugzeuge mit ihren «Treibflügeln» auf die Beobachtungen und Untersuchungen des deutschen Zoologie-Professors Erich von Holst (* 1908) zurückgehen, der 1944 mit Erfolg ein Modell gebaut hat, das den blitzschnellen Flug der Libelle «ins Technische» übersetzte. Noch im gleichen Jahr wurde von den Focke-Wulf-Werken die fabrikationsreife Konstruktion eines Flugzeugs geschaffen, dessen Triebflügel von Schubdüsen angetrieben wurden. Dieser Triebflügeljäger – er ist nicht mehr gebaut worden – sollte vom Punktstart weg mit einer Geschwindigkeit von 120 m in der Sekunde steigen, dann in den Horizontalflug übergehen, um schließlich senkrecht wieder zu landen. Vielleicht fliegen auch einmal die großen Passagierflugzeuge der Zukunft nach diesem Prototyp, der einem Gelehrten bei seinen zunächst völlig zweckfreien Forschungen über den Vogel- und Libellenflug eingefallen ist ...

Als sorgfältig gehüteten Schatz bewahren viele Familien Porträtminiaturen oder Silhouetten aus Urgroßvaters Zeiten. Damals saß man einem Künstler oder, falls man es billiger haben wollte, dem Silhouettenschneider in der Jahrmarktbude, wenn man sein Konterfei der Nachwelt aufbewahren wollte. Und in den Tagen des Biedermeiers war der Scherenschnitt ein weitverbreitetes «Hobby». Heute haben wir es bequemer: Wir gehen zum Photographen.

Die Photographie hat, wenn man will, eine zweifache Vorgeschichte. Denn bei jedem Lichtbild wirkt zweierlei zusammen, Optik und Photochemie, und auf beiden Gebieten läßt sich die Entwicklung, die schließlich zur automatischen Kamera von heute mit eingebautem Belichtungsmesser und gekoppeltem Entfernungsmesser geführt hat, recht weit zurückverfolgen. Die Optik liefert das Bild, der Photochemie ist die dauernde Fixierung des Bildes zu danken.

Der Photoapparat ist eine Fortentwicklung der alten Camera obscura, der Lochkammer, noch ohne Linse, mit der schon das Universalgenie Leonardo da Vinci experimentiert hat. Bereits Geronimo Cardano (1550), Daniele Barbaro (1568) und Giovanni Battista della Porta (1589) kannten die mit einer einfachen Konvexlinse ausgestattete Camera obscura, mit der man deutliche Bilder erzielen konnte. Und im Jahre 1694 zeigte der englische Physiker Robert Hooke der Royal Society in London eine tragbare Dunkelkammer, die im Prinzip der späteren Camera clara (von 1785) entsprach und mit der man das auf der Mattscheibe entstehende Landschaftsbild unmittelbar nachzeichnen konnte. Ob man wohl dieses vom Licht auf die Mattscheibe geworfene Bild irgendwie festhalten konnte?

Schon früh hatte man bemerkt, daß Farben sich änderten oder verblichen, wenn sie nicht geschützt waren. Aber bis ins Mittelalter hinein wurde die Ursache dieser Veränderung nicht dem Licht, sondern der Luft zugeschrieben. Es waren vereinzelte Beobachtungen, wenn der römische Naturforscher Plinius, der beim Vesuvausbruch 79 n. Chr. den Tod fand, die bleichende Wirkung des Sonnenlichtes auf Zinnober erwähnt, oder Albertus Magnus bereits um 1250 vom salpetersauren Silber bemerkt, daß es die Haut schwärze. Die für die Photographie entscheidende Tatsache jedoch, daß Silbersalze lichtempfindlich sind, hat im Jahre 1727 der in Halle wirkende Arzt Johann Heinrich Schulze (1687–1744) entdeckt, der wie Beireis über ein eminentes Wissen verfügte und in mehreren Disziplinen lehrte. Er stieß auf seine Entdeckung bei Versuchen, «Balduinschen Phosphor» aus salpetersaurem Kalk herzustellen. Ganz im Sinne der alchemistischen Tradition verwendete er dabei das edle Silber. Schulze

löste es in Scheidewasser auf und goß die Lösung auf Kreide. Zu seinem Erstaunen bemerkte er, daß sich der kreidige Bodensatz an der dem Sonnenlicht ausgesetzten Seite dunkel färbte, während die Schattenseite hell blieb. Dieser auffallenden Erscheinung ging er weiter nach. Er legte verschiedene Gegenstände auf ein Glasgefäß, in dem sich eine Mischung aus weißer Kreide und Silbernitrat befand. Ließ er nun das Licht einwirken, so erhielt er Abbilder des Umrisses der aufgelegten Gegenstände. Stolz führte Schulze seinen Freunden Experimente vor, bei denen er mit Hilfe von Buchstabenschablonen auf dem lichtempfindlichen Silberschlamm Wörter hervorzauberte, die durch Schütteln der Masse wieder verschwanden. Das war zwar nur eine Spielerei – aber immerhin hat Schulze damit ein «Lichtbild» erzeugt, wenn er es auch noch nicht haltbar machen konnte. Und seine Redewendung, daß man «mittels Licht» auf Silbersalzen «schreiben» könne, nimmt die spätere Bezeichnung «Photographie» vorweg, die zuerst am 25. Februar 1839 in der Berliner «Vossischen Zeitung» auftaucht. Auch der schwedische Chemiker Karl Wilhelm Scheele – derselbe, der die Elemente Sauerstoff, Stickstoff, Chlor und Mangan entdeckt hat – ist in diesem Zusammenhang zu nennen; er erkannte 1777, daß die Schwärzung des Chlorsilbers durch das Licht auf Reduktionswirkung zurückzuführen ist und sich Silbersalze in violettem und blauem Licht schnell, bei andersfarbigem Licht hingegen nur langsam verändern. (Auf diesem Verhalten der Silbersalze ist ja auch die rote bzw. grüne, chemisch wenig wirksame Dunkelkammerbeleuchtung begründet.) Und 1737 machte der Chemiker Jean Hellot eine neue «sympathetische Tinte» bekannt, die aus verdünnter Chlorgoldlösung bestand und, auf weißes Papier gebracht, an der Luft – Hellot sagt nicht: im Licht – dunkelviolett wurde. Das gleiche beobachtete Hellot mit verdünnter Silbernitratlösung.

Die Abhandlung, in der Schulze seine Entdeckung veröffentlicht hat, fiel der Vergessenheit anheim. Nur der Franzose Tiphaigne de la Roche mag vielleicht etwas von ihr gewußt haben, denn er sagt in seinem 1760 verfaßten Buch «Gyphantie» an einer Stelle, an der er den Dichter im Geisterreich umherwandeln läßt: «Du weißt, daß die Lichtstrahlen, von den verschiedenen Körpern zurückgeworfen, ein Bild geben und die Körper auf alle glänzenden Flächen ... abbilden. Die Elementargeister haben diese flüchtigen Bilder zu fixieren gesucht. Sie haben einen sehr feinen Stoff zusammengesetzt, der sehr klebrig und sehr geeignet ist, trokken zu werden und zu erhärten. Mit Hilfe desselben wird in einigen Augenblicken ein Gemälde gemacht. Sie überziehen mit diesem Stoff ein Stück Leinwand und bringen dieses vor die Gegenstände, die sie abbilden wollen ... Diese Aufnahme der Bilder ist das Geschäft des ersten Augenblicks, die Leinwand nimmt sie auf. Man nimmt dieselbe auf der Stelle

weg und bringt sie an einen dunklen Ort. Eine Stunde später ist der Überzug getrocknet, und man hat ein Gemälde, das um so viel schätzbarer ist, weil keine Kunst die Wahrheit desselben erreichen und die Zeit es auf keine Weise beschädigen kann.» Diese Darstellung ist eine geradezu verblüffende Vorausschau der Photographie. Sie «lag in der Luft», denn wie sehr man danach verlangte, wenigstens von Personen Bilder zu schaffen, ohne einen teuren Maler bemühen zu müssen, geht daraus hervor, daß wenige Jahre zuvor der Finanzminister Ludwigs XV., Etienne de Silhouette, eine Möglichkeit ersann, jene nach ihm benannten Schattenbilder herzustellen, die bald große Mode wurden.

Die weitere Entwicklung, die schließlich zur wirklichen Photographie geführt hat, ist auf zwei voneinander unabhängigen Wegen erfolgt: der eine führt über England, der andere über Frankreich.

In England machte Thomas Wedgwood, der berühmte Steingutfabrikant, im Jahre 1802 Lichtpausen von Naturobjekten, beispielsweise von Pflanzenblättern, auf Papier, das mit Silbernitrat vorbehandelt war, und veröffentlichte über diese sozusagen natürliche Silhouetten zusammen mit dem großen Naturforscher Sir Humphry Davy einen Bericht. Wedgwood war auch der erste, der – freilich ohne Erfolg – versuchte, das in der Camera obscura durch lichtempfindliches Papier gewonnene Bild lichtbeständig zu machen; was er an Bildern gewann, konnte nur im Dunkeln aufbewahrt werden.

Nach diesem Auftakt in England geht die Entwicklung in Frankreich mit Riesenschritten weiter. Es entstehen die ersten «lichtechten» Aufnahmen. Dies gelang von 1814 an dem Lithographen Joseph Nicéphore Niepce (1765–1833) in Châlons-sur-Saône im Verlauf seiner Bemühungen, in dieser Stadt Senefelders Steindruckverfahren einzuführen. Niepce suchte damals Zeichnungen mit Hilfe von Lichteinwirkung zu übertragen und nahm an Stelle des lithographischen Schiefers lichtempfindliche Schichten, mit denen er Metallplatten überzog. Es bedurfte dazu freilich einer stundenlangen Belichtungszeit. Aber er schaffte es: Bei Belichtung von Asphaltlösungen auf Zinkplatten erhielt er in der Camera obscura ein dauerndes Bild, da sich die nicht belichteten Stellen der Asphaltschicht lösen ließen. Den freigelegten Metallgrund vertiefte er durch Ätzen. 1816 nannte er sein Verfahren «Heliographie». Die älteste erhaltene Photographie von Niepce stammt aus dem Jahre 1826 (s. Tafel S. 406).

Durch Vermittlung des Pariser Optikers Charles Chevalier, von dem Niepce seine Apparate bezog, trat er 1826 mit dem Kunstmaler Louis Jacques Mandé Daguerre (1787–1851) in Verbindung, der sich in Paris mit ähnlichen Problemen beschäftigt hatte. Die beiden einigten sich 1829 durch Vertrag und arbeiteten von nun an gemeinsam an der weiteren Ver-

vollkommnung der « von Niepce erfundenen und von Daguerre verbesserten Erfindung ». Von Niepce stammt insbesondere auch das Verfahren der Schwärzung des Silbers durch Joddämpfe (1829). Die Methode, das Bild zu entwickeln, das man in der Camera obscura auf einer durch Joddämpfe lichtempfindlich gemachten Silberplatte erhielt, verdankte Daguerre der Gunst des Zufalls. Es wird berichtet, daß er kurzzeitig belichtete Platten, die kaum Spuren einer Lichteinwirkung aufwiesen, in einen Schrank gelegt habe. Als Daguerre die Platten wieder herausnahm, entdeckte er zu seiner Verwunderung, daß die unsichtbaren (latenten) Bilder völlig deutlich hervorgetreten waren. Irgendeine im Schrank befindliche Substanz mußte diese überraschende Wirkung hervorgebracht haben. Durch planvolles Probieren fand er alsbald heraus, welcher Stoff es gewesen war: Quecksilber. Versehentlich war etwas von diesem flüssigen Metall im Schrank verschüttet worden, und seine Dämpfe hatten sich an den belichteten Stellen der Jodsilberplatten niedergeschlagen. Diese Entdeckung war entscheidend für die weitere praktische Verbesserung des photographischen Verfahrens, denn es wurde durch sie eine 60–80fache Abkürzung der Belichtungsdauer möglich.

Neben dieser grundlegenden Verbesserung brachte Daguerre auch noch eine neue Anordnung der Aufnahmekamera durch Verwendung periskopischer Linsen in die Arbeitsgemeinschaft mit Niepce ein. In gemeinsamem Schaffen konnten beide Partner das photographische Verfahren weiter ausgestalten. Als Niepce 1833 starb, versuchten Daguerre und Niepces Sohn, nunmehr überzeugt, die Erfindung sei genügend ausgereift, eine wirtschaftliche Verwertung des Verfahrens. Doch alle ihre Bemühungen blieben ohne Erfolg. Im Dezember 1838 entschlossen sie sich daher, den berühmten Physiker François Arago in ihr Geheimnis einzuweihen, und dieser, der den Wert der Erfindung sofort erkannte, gab im Januar 1839 vor der französischen Akademie der Wissenschaften einen ersten Bericht über das von Niepce und Daguerre Geschaffene. Auch in der Folge setzte sich Arago energisch für Daguerre ein, mit dem Ergebnis, daß der französische Staat dem Erfinder eine jährliche Pension von 6000 Franken zusicherte, dem Sohn von Niepce eine solche von 4000 Franken, unter der Bedingung, daß eine ausführliche Beschreibung des ganzen Verfahrens ausgearbeitet werde. Arago machte am 19. August 1839 in einer Sitzung der Akademie das Verfahren in allen Einzelheiten bekannt, und Daguerre veröffentlichte darüber ein Buch, das noch im Erscheinungsjahr 1839 drei Auflagen erlebte. Am 14. August 1839 nahm er auf seine Erfindung ein englisches Patent. Die Herstellungsweise photographischer Platten und das Verfahren der Aufnahme mit diesen Platten wurde ihm zu Ehren « Daguerreotypie » genannt (s. Tafel S. 406).

Inzwischen hatte in England William Henry Fox Talbot (1800–1877) eine andere Methode der Photographie entwickelt. 1834 war er auf den Gedanken gekommen, in der Camera obscura Landschaftsbilder chemisch festzuhalten, und zwar unter Verwendung lichtempfindlicher Chlorsilberschichten auf Papier. Die geringe Lichtempfindlichkeit zwang ihn jedoch zu ungewöhnlich langen Belichtungszeiten. Das Bild, das er erhielt, war ein Negativ. Die Schwierigkeit, das gewonnene Bild zu fixieren, konnte er mit Hilfe des ihm befreundeten Physikers und Astronomen Sir John William Herschel überwinden, der im Jahre 1819 die das Chlorsilber auflösende Wirkung des unterschwefligsauren Natrons ($Na_2S_2O_3$) entdeckt hatte. Die Anwendung dieses «Fixiernatrons» im photographischen Verfahren erlangte zunächst für Talbot, dann auch für Daguerre und ihre Nachfolger, entscheidende Bedeutung. Herschel selbst sprach 1840 in einem Vortrag vor der Royal Society über die chemische Wirksamkeit der Strahlen des Sonnenspektrums auf Silber- und andere Präparate sowie über die fixierende Wirkung des unterschwefligsauren Natrons.

Als Talbot 1839 von Daguerres Ergebnissen hörte, versuchte er, seine Priorität geltend zu machen. Er drang jedoch mit seinen Ansprüchen nicht durch. Seine unzulänglichen Papierblätter kamen gegen die scharfen Metallplattenbilder von Daguerre nicht an. Allein, die Daguerreotypen waren Einzelstücke, von denen man keine Kopien herstellen konnte. Diese erstmals herzustellen gelang nun wieder dem Engländer. 1841 entdeckte Talbot in der Gallussäure einen geeigneten Entwickler für seine Papiernegative, und im Bromsilber fand er eine Chemikalie, die das Chlorsilber in der Lichtempfindlichkeit übertraf. Von seinen Papiernegativen konnten beliebig viele Abzüge gemacht werden. Sein Kopieverfahren ließ sich Talbot laut Antrag vom 8. Februar 1841 patentrechtlich schützen; fünf Monate später gab er in der Royal Society einen Bericht über seine Methode. Das von ihm 1844 veröffentlichte Buch «The Pencil of Nature» ist das erste photographisch illustrierte Werk.

Und nun schwingt das Pendel wieder hin und her zwischen Frankreich und England. 1847 gelingt es einem Vetter von Nicéphore Niepce, dem Offizier Claude Félix Abel Niepce de Saint-Victor, als erstem, Glasplatten als Träger für eine lichtempfindliche Schicht anzuwenden, doch bleiben seine Versuche unbefriedigend. Das Problem lösen Gustav Gray und Frederic Scott Archer in den Jahren 1850/51, indem sie Kollodium als Bindemittel für das Aufbringen lichtempfindlicher Silbersalze auf Glasplatten benutzten. Dieses «nasse Verfahren» blieb für die folgenden zwei bis drei Jahrzehnte in der photographischen Praxis herrschend. Einen wesentlichen Fortschritt brachten dann die Versuche des englischen Arztes Leach Maddox, der die Kollodiumschicht durch eine Gelatineemulsion er-

setzte. Er schuf 1871 die ersten brauchbaren Bromsilbergelatine-Negative auf Glas, also die ersten «Trockenplatten». Es dauerte aber noch etwa ein Jahrzehnt, bis fabrikmäßig hergestellte Platten dieser Art auf dem Markt erschienen. Sie hatten jedoch den Nachteil, fast nur auf Violett und Blau anzusprechen, während die übrigen Farben des Spektrums keine Wirkung ausübten, so daß farbige Vorlagen im Schwarzweißbild farbtonfalsch erschienen. Diesen Fehler konnte der Berliner Photochemiker Professor Hermann Wilhelm Vogel ausschalten, der 1873 durch Anfärben des Bromsilbers mit geeigneten Farbstoffen die Platten auch für Gelb und Grün empfindlich machte und damit die orthochromatische Platte schuf.

Bereits 1875 konstruierte der Ingenieur Léon Warnerke in London Rollkassetten; er stellte damals schon Bromsilber-Kollodiumschichten auf gelatiniertem Papier her, die er in diesen Rollkassetten zur Belichtung brachte. Die Verwendung von Zelluloid als Schichtträger ließ sich Parkes als «Transparent Support for Sensitive Coating» 1856 in England patentieren. Doch war der Amateurphotograph Reverend Hannibal W. Goodwin in Newark (1887) der erste, der ein für Rollfilme geeignetes Zelluloidband herstellte und darauf im Jahre 1887 ein amerikanisches Patent anmeldete, das ihm allerdings erst nach langwierigem Patentstreit mit George W. Eastman im Jahre 1898 erteilt wurde. Eastman, der 1881 die Eastman-Kodak-Company gründete, war weniger Erfinder als vielmehr Geschäftsmann, und zwar ein sehr gewiegter Geschäftsmann, der sich besonders gut aufs Werben verstand. Seine berühmt gewordene Rollfilmkamera «Kodak» fußt im wesentlichen auf den Erfindungen von Goodwin und Warnerke, und es bleibt unentschieden, ob er und seine Mitarbeiter selbständig zum Ziel gelangt sind; auf jeden Fall mußte die Eastman-Kodak-Company einen Betrag von 5 Millionen Dollar an Goodwin zahlen. 1884 brachte George W. Eastman seinen Apparat mit Papierrollfilm in Rollkassetten heraus; 1895 folgte als Neuerung die Konstruktion zum Einlegen der Filmrollen bei Tageslicht. Eastman, der es zu einem Vermögen von mehr als 400 Millionen Dollar brachte, hat sich 1932, im Alter von 77 Jahren, erschossen. Ein hinterlassenes Schriftstück gab Aufschluß über den Grund des Selbstmords: «Meine Arbeit ist getan – wozu also noch warten?»

Mit Platte und Film allein aber war es noch nicht getan. Eine der wesentlichen Voraussetzungen für die erfolgreiche Weiterentwicklung der Photographie war die Güte der abbildenden Objektive. Auch auf diesem Gebiet war schon einiges geschehen. Zur Zeit Newtons zeigte das von einem Linsenfernrohr erzeugte Bild farbige Säume, die durch chromatische Abweichung entstanden – ein Fehler, den zu beseitigen Newton für unmöglich hielt. Er sah in der ungleichen Brechung der verschiedenen Farben

durch optische Linsen eine Hauptursache der Unvollkommenheit des dioptrischen Fernrohrs; diese Ansicht war einer der Gründe dafür, daß die Astronomen von nun an Spiegelteleskope bevorzugten. Der Jurist Chester More Hall unternahm jedoch schon zwischen 1729 und 1733 die ersten Schritte zur Beseitigung dieser Farbfehler, und 1758 gelang es John Dollond, durch Kombination von Konvexlinsen aus stärker brechendem Kronglas mit Konkavlinsen, die aus Flintglas geschliffen wurden, achromatische, also farbfehlerfreie Fernrohre zu bauen. Er nahm darauf ein Patent, ohne daß Hall seine Prioritätsrechte geltend gemacht hätte.

Erheblich verbessert wurden die Glasflüsse für Linsen dann durch den Schweizer Pierre Louis Guinand (1748–1824). In jahrelanger Forschungsarbeit kam er zu dem Ergebnis, daß die geschmolzene Glasmasse gerührt werden muß und wie dies zu geschehen hat, damit sie eine vorzügliche Gleichmäßigkeit erlangt. Guinand wurde Mitarbeiter von Georg Friedrich Reichenbach, Joseph von Fraunhofer, Joseph von Utzschneider und Joseph Liebherr (von 1807–1814), die zuerst im oberbayerischen Benediktbeuren, dann in München ihre berühmten Fernrohre herstellten und alle größeren Sternwarten damit belieferten. Guinands Verfahren ist die noch heute gebräuchliche Herstellungsweise optisch fehlerfreier Glasschmelzen.

Die photographischen Objektive, die Daguerre von dem Pariser Optiker Charles Chevalier bezog, besaßen nur eine geringe Helligkeit. Hier waren dringend Verbesserungen notwendig. Sie kamen Hand in Hand mit der Ausbreitung und Abwandlung des Daguerreschen Verfahrens, das durch kein Patent geschützt war. Als es bekannt wurde, erregte es naturgemäß das größte Aufsehen, nicht nur in der Fachwelt, sondern auch bei Laien, und die Tatsache des fehlenden Patentschutzes forderte zur Nachahmung ja geradezu heraus. Aber mit dem Talbot-Verfahren war es nicht viel anders. So stellten in München der Physiker Carl August Steinheil und der Mineraloge Franz von Kobell im April 1839 eine Aufnahmekamera aus Pappe her, bei der sie sich an das Talbotsche Vorbild hielten und als Objektiv behelfsmäßig die Linsen eines holländischen Fernrohrs benutzten; für die Negative und die Kopien benutzten sie selbstgefertigtes Chlorsilberpapier, zum Fixieren unterschwefligsaures Kalium. Mit diesen Versuchen (s. Tafel S. 406) begann eine Entwicklung, die ein Vierteljahrhundert später zu klassisch gewordenen Photolinsen führte (s. S. 381). Schon 1846 hatte Steinheil geplant, in München eine optische Werkstätte zu errichten; er kam erst 1855 dazu, denn zunächst ging er nach Österreich und in die Schweiz, um sich auf ganz anderem Gebiet hohe Verdienste zu erwerben: Binnen weniger Jahre richtete er das Telegraphennetz für die österreichisch-ungarische Monarchie ein.

Um die gleiche Zeit, als Steinheil und von Kobell die Talbot-Kamera

nachbauten, machte sich in Wien der Mathematiker Josef von Petzval (1807–1891), angeregt durch den Physiker Andreas Ettingshausen, an die Aufgabe heran, ein lichtstarkes Porträtobjektiv zu berechnen; im Mai 1840 konnte er die analytische Berechnung seines berühmt gewordenen Porträtobjektivs sowie eines später «Orthoskop» genannten Landschaftsobjektivs vorlegen. Die Ausführung nach Zeichnung und Berechnung wurde dem Optiker Peter Wilhelm Friedrich Voigtländer (1812–1878) übertragen. Noch im Mai 1840 war Voigtländer mit der Arbeit fertig. Einen der von Voigtländer gebauten Apparate zeigt die Tafel S. 406. Beide Objektivtypen bestanden aus einer einfachen achromatischen Landschaftslinse und einer davon ziemlich weit abstehenden Hinterlinse, die sich wiederum aus zwei getrennten Linsen zusammensetzte. Die Landschaftslinse war weniger lichtstark als die Bildnislinse, besaß aber dafür ein größeres, scharfes Bildfeld. Da man in Wien versäumte, einen Patentschutz zu erwerben, wurde das Petzvalsystem alsbald in Paris und London nachgeahmt. Die ersten Porträtaufnahmen in Wien machte der Physiker Anton Martin mit einer provisorischen Kartonkamera; er vermochte mit ihr bei einer Belichtungsdauer von 1¼ Minuten auf jodierten Daguerreotypieplatten ausgezeichnete Porträts herzustellen. Sein 1846 erschienenes «Repertorium der Photographie» ist das erste photographische Lehrbuch in deutscher Sprache.

Nach erfolgreichen Bemühungen englischer Spezialisten um 1860, eine neue Landschaftslinse und verzeichnungsfreie Doppellinsen für Weitwinkelaufnahmen zu schaffen, berechnete Hugo Adolph Steinheil, der Mathematiker der von seinem Vater Carl August Steinheil 1855 in München begründeten optischen Werkstätte, im Sommer 1866 eine symmetrische Doppellinse, den «Aplanat», mit dem das Handwerkszeug des Photographen eine wertvolle Bereicherung erfuhr. 1881 konstruierte Steinheil sodann den Antiplanat, ein zweiteiliges Objektiv von großer Lichtstärke, hoher Randschärfe und genügender Orthoskopie.

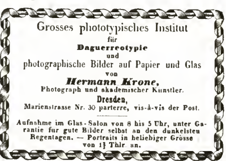
Eine andere bedeutende Erfindung auf dem Gebiet der Aufnahmelinse stammt von Paul Rudolph, dem Assistenten Ernst Abbes. Abbe, Professor der Physik und Direktor der Sternwarte in Jena, hatte seit 1866 in engster Zusammenarbeit mit der feinmechanischen Werkstätte von Carl Zeiss die optische Ausrüstung des Mikroskops geradezu revolutionär verbessert, indem er die Linsen, deren Form bis dahin durch handwerkliches Pröbeln ermittelt worden war, wissenschaftlich exakt berechnete – getreu seinem Wahlspruch: «Nichts ist praktischer als die richtige Theorie.» Daß aus dem gemeinsamen Schaffen von Abbe und Zeiss schließlich dank Abbes Genie, dank seiner Initiative und Bescheidenheit die Weltfirma Carl Zeiss Jena und die nicht minder berühmte, sozialpolitisch

vorbildliche Carl-Zeiss-Stiftung (beide jetzt in Oberkochen) hervorgegangen sind, sei hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Im Jahre 1886 hatte Ernst Abbe auch die Gründung des «Glastechnischen Laboratoriums von Schott und Genossen» veranlaßt, das zahlreiche neue und optisch wertvolle Glassorten schuf und schließlich als «Jenaer Glaswerk Schott & Gen.» (jetzt in Mainz) weltbekannt geworden ist. Abbes mathematische Linsenberechnungen und Schotts Glasforschungen waren natürlich auch für die Fortentwicklung der Linsen für die Kamera von größter Bedeutung. Paul Rudolph als Abbes Assistent errechnete 1889 den bis zum Bildrand scharf zeichnenden und unverzerrt abbildenden «Anastigmaten», der im folgenden Jahre schon von der Firma Carl Zeiss auf den Markt gebracht wurde. In der Folgezeit bildeten weitere von Rudolph errechnete und vom Zeisswerk gebaute Plenare und Tessare die Grundlage für die Entwicklung der neuzeitlichen Aufnahmetechnik. Je lichtstärker die Optik wurde, je lichtempfindlicher das Aufnahmematerial, um so kürzer die Belichtungszeit. Die ersten «Augenblicks- und Sekundenbilder» von Straßenszenen nahmen zwar schon die Brüder Johann und Josef Natterer in Wien auf; sie arbeiteten mit einer Jodbromsilberschicht nach Daguerre. Aber 1842 verlangte ein Porträt in der Sonne eine Belichtung von 2 bis 3 Sekunden. Mit dem Aufkommen der nassen Kollodiumplatte machte dann die Abkürzung der Belichtungszeit ihre ersten Fortschritte. Momentaufnahmen auf solchen Platten – Bilder von Schiffen, Wellen, Wolken – erregten 1862 auf der Londoner Weltausstellung erhebliches Aufsehen. Die Momentphotographie im heutigen Sinne begann aber erst nach 1880, als die hochempfindlichen Gelatine-Bromsilbertrockenplatten in Gebrauch kamen und der Photograph Ottomar Anschütz 1887 den Schlitzverschluß erfand, den er 1888 patentieren ließ.

Die Bekanntgabe der photographischen Verfahren von Daguerre und Talbot war die Geburtsstunde eines neuen Berufszweiges: des Photographen, und bald auch einer neuen Industrie. Und dem Umstand, daß Kunstmaler, Zeichner, Kupferstecher und Lithographen sich dieser neuen Kunst zuwandten, ist es zu verdanken, daß schon in den ersten Anfängen hochkünstlerische Leistungen erzielt wurden. Der bissige Satiriker Moritz Gottlieb Saphir freilich hat das 1841 wie folgt kommentiert: «Die Daguerreotypie ist diejenige Kunst, durch welche mancher elende Zimmeranstreicher und Farbenkleckser mit Hilfe des Sonnenlichtes sich selbst für ein Licht hält.»

Die Bildnisphotographie war es, die dem jungen Berufsstand der Photographen einen ungewöhnlichen Aufschwung gab, denn nun konnte jeder seine Eitelkeit befriedigen, und zwar ohne sonderlichen Kosten-

aufwand. Bereits 1840 begann man die Bilder auch zu kolorieren. Der aus St. Gallen stammende Kupferstecher und Daguerreotypist Johann Baptist Isenring war einer der ersten, der mit dieser «Kunst» brillierte. Er verstand sich auch schon auf eine wirksame Reklame und ließ sich 1842 in München einen «Sonnenwagen» bauen, mit dem er durch die Lande zog. «In demselben ist ein vollständiges heliographisches Institut eingerichtet; er dient zum Daguerreotypieren und als chemisches Laboratorium und kann geheizt werden», verkündete Isenring. Allerorts hatte er bald viele Nachfolger.



Etwa um 1860 gab es freilich kaum noch seriöse Photographen, die nach dem Daguerreverfahren arbeiteten; auf Jahrmärkten, Volksfesten und Rummelplätzen aber hat sich die Daguerreotypie bis fast in unsere Tage erhalten können. Als die Photographie so weit war, daß sie zufriedenstellende Bilder zu liefern in der Lage war, ging es wie ein Rausch durch die Lande. Wie heute jeder photographieren will, so wollte damals jeder photographiert werden. Im Jahre 1857 schätzte man die Zahl der Lichtbildner in Paris auf 5000, und anno 1861 waren es deren 23000! Ein solcher «Boom» konnte sich natürlich auf die Dauer nicht halten: 1895 sind in Frankreich nur noch 1100 Ateliers nachzuweisen. Aber während der Hochkonjunktur verdienten die Photographen glänzend. Im Jahre 1841 hatten zwei Londoner Ateliers Tageseinnahmen von 60 Pfund Sterling, und im gleichen Jahre stellten zwei Pariser Daguerreotypisten mehr als 1500 Bildnisse her. Insbesondere das «Visitenkartenbildnis» wurde große Mode. André Adolph Eugen Disdéri, der Erfinder des Visitbildes, lieferte 1860 täglich Bildnisse im Werte von 3000 bis 4000 Franken. Auch als Wandergewerbe blühte die Photographie in der Frühzeit. Erst recht spät trat der Photoamateur auf den Plan, dem es um einen handlichen und leicht zu bedienenden Apparat ging. Nichts kennzeichnet wohl so sehr den Fortschritt der photographischen Technik wie ein Vergleich der alten, oft riesigen Apparate und ihrer schweren Stative mit

der Leica, die Oskar Barnack als erste Kleinbildkamera 1914 für die optische Firma Ernst Leitz in Wetzlar konstruierte.

Welchen Eindruck die Photographie in den Anfängen gemacht haben muß, zeigt das Gedicht «Ars photographica», ein Epigramm in klassischem Latein, das Papst Leo XIII. im Jahre 1867 dieser Kunst gewidmet hat; es ist mehrfach ins Deutsche übertragen worden. Die erste deutsche Fassung aus dem Jahre 1878 lautet:

> Es glänzt das Bild, zurückgestrahlt
> Im Sonnenspiegel, und es malt
> Die Zier der Stirn, des Auges Macht,
> Des Angesichtes Reiz und Pracht.
>
> O Geistesstärke, zauberhaft!
> O wundervoll! Apelles' Kraft
> Kam der Natur gleich: aber nie
> Ein schön'res Bildnis malte sie.

Über den Anlaß zu diesem Gedicht heißt es: Ein englischer Photograph habe im Sommer 1867 den Papst und seinen Hofstaat in den frühen Abendstunden (angeblich) auf Gelatinetrockenplatten – die damals noch nicht allgemein eingeführt waren – mit sehr kurzer Belichtungszeit im Freien aufgenommen, und der Heilige Vater sei von dieser Leistung so begeistert gewesen, daß er dem Lichtbildkünstler nicht nur einen Orden verliehen, sondern auch dieses lateinische Epigramm geschenkt habe.

Die Bestrebungen, Photographien in natürlichen Farben herzustellen, lassen sich weit zurückverfolgen. Die unmittelbare Färbung lichtempfindlicher Chlorsilberschichten wurde bereits früh von verschiedenen Forschern beobachtet, so von Sir John Herschel (1840), von Alexander Edmond Becquerel nach 1847 und von Claude Felix Abel Niepce de Saint-Victor (dem Neffen des Erfinders) 1851. Wilhelm Zenker in Berlin erklärte 1868 die Entstehung der Farben «physikalisch durch Bildung stehender Wellen des Lichtes, chemisch durch die Ausscheidung metallischer Silberteilchen aus dem Chlorsilber». Gabriel Lippmann in Paris schuf 1891 die «Interferenz-Farbenphotographie». Sein Verfahren lieferte schöne farbige Bilder, krankte aber an der schwierigen Ausführbarkeit. Daher gelangte dieses «Ausgleichsverfahren» nicht zu einer befriedigenden Ausführungsform.

Andere Verfahren führten zum Ziel. Das grundlegende Patent für das Farbenentwicklungsverfahren ist das DRP. Nr. 253335 von 1912 für Rudolf Fischer. Gedanklich fand Fischer schon die Möglichkeit, daß man bei mehreren übereinander liegenden, verschieden sensibilisierten Silberbromidschichten jeder Schicht einen anderen Farbbildner zusetzt, so daß mit *einem* Entwickler in den Schichten *verschiedene* Farbstoffe entstehen.

Dies ist der Schlüssel zu den modernen subtraktiven Mehrschichtfilmen von der Art des Agfacolorfilms oder des Kodachromfilms. Aber es hat fast 30 Jahre gedauert, bis der erste nach diesem Verfahren hergestellte Film in die Öffentlichkeit kam. Es ist das chemische Dreischichtenverfahren, das von den Firmen Agfa und Kodak 1936 für die mehrfarbige Kleinbildphotographie des Amateurs in den Handel gebracht wurde.

Die Frühgeschichte der Filmtechnik erzählen zu wollen, beansprucht fast ein ganzes Buch. So sei hier nur gesagt, daß es eine Vielzahl von Vorläufern gibt, die gezeichnete und dann photographierte Reihenbilder so vorzuführen wußten, daß der Betrachter den Eindruck einer Bewegung hatte. Auch Edison gehört zu ihnen; von ihm stammt u. a. die heute noch übliche Filmbreite (35 mm) und die Perforation. Die wirkliche Geschichte des Films beginnt jedoch mit dem Kinematographen der Brüder Lumière aus Lyon, Louis (1864–1948) und Auguste (1862–1954). Am 22. März 1895 führten sie ihre Erfindung (s. Tafel S. 406) erstmals der Societé d'Encouragement à l'Industrie Nationale vor, einen Film von 17 Meter Länge: «Arbeiter verlassen die Fabrik von Lumière» – die Lumières besaßen eine Firma zur Herstellung photographischen Materials. Die erste öffentliche Filmdarbietung mit dem Sketch «Der begossene Rasensprenger» folgte am 28. Dezember 1895 im «Indischen Salon» eines Pariser Cafés am Boulevard des Capucines. Unabhängig von den Brüdern Lumière hatte in Berlin Max Skladanowsky (1863–1939) gemeinsam mit seinem Bruder Emil das «Bioskop» konstruiert, das technisch weniger gut war als der Kinematograph, aber noch vor diesem seine Feuerprobe bestand, am 1. November 1895 im Berliner Varieté «Wintergarten». Und schon zwei Jahre vor den Brüdern Lumière, 1893, hatte der Londoner William Friese-Greene ein Patent auf eine Aufnahme- und Projektionskamera für lebende Bilder erhalten. Die stürmische technische Entwicklung, die mit Oskar Meßters (1866–1944) Erfindung des Malteserkreuzes (1896) einsetzte, kann hier nicht nachgezeichnet werden. Nur die frühen Stadien des Tonfilms seien noch genannt: 1894 kombinierte Edison sein Kinetoskop (das nur lebende Guckkastenbilder zeigte) mit seinem Phonographen zum Kinetophon, sechs Jahre später führte Clément Maurice in Paris sein «Phono-Ciné Théâtre» vor – Lumière-Filme mit synchronisierten Grammophonplatten –, und 1903 zeigte Oskar Meßter im Berliner Apollotheater das «Biophon» nach ähnlichem Prinzip wie Edisons Kinetophon. Doch erst nach dem ersten Weltkrieg kommen dann die echten Tonfilme: mit dem Triërgon-Verfahren von Joseph Engel, Joseph Masolle und Hans Vogt (1922, erste theaterreife Filme 1929), mit dem System «Vitaphone» der Firma Warner Brothers (erste Vorführung 1926) und mit «Movietone» der Twentieth-Century-Fox (1927: Fox' Tönende Wochenschau).

Der Farbfilm begann mit handkolorierten Streifen schon vor 1900; 1922 lief der erste noch recht unvollkommene Film nach dem Technicolor-Verfahren von Herbert Kalmus («The Toll of the Sea»), mit dem dann in den dreißiger Jahren eine Reihe anderer Verfahren (Opticolor, Agfacolor, Eastmancolor, Cinecolor) folgten. Und in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg bescherten die Traumfabriken einem staunenden Publikum den Breitwand- und den dreidimensionalen Film.

Eisen und Stahl

Dem griechischen Dichter Hesiod (um 700 v. Chr.) verdanken wir die Überlieferung von den verschiedenen Zeit- oder Weltaltern, die einander, immer schlechter werdend, ablösen («Werke und Tage», 109 ff.). Das erste, glücklichste ist das Goldene Zeitalter, ihm folgen das Silberne, Eherne (das heißt eigentlich Bronzene), das Heroische und endlich das Eiserne, in dem leben zu müssen sich Hesiod beklagt; noch zweieinhalb Jahrtausende später nennt es der deutsche Philosoph Fichte das «Zeitalter der vollendeten Sündhaftigkeit».

Diese Definition könnte für uns Menschen von heute, die wir im Übergang vom Eisernen Zeitalter zu dem der Leichtmetalle und der Kunststoffe leben, Anlaß zu tiefsinnigen Betrachtungen geben. Aber wir wollen hier nicht philosophieren, sondern Technikgeschichte treiben, und so erinnern wir uns dessen, was wir auf Seite 49 über die Eisenzeit, die Hethiter und die «Nordvölker» gesagt haben.

Das Eisen der europäischen Hallstattzeit war entweder Schweißeisen oder oberflächlich verstähltes Schweißeisen. Das heißt, man erzielte die oberflächliche Härtung durch Nachglühen unter Kohle und Abschrecken im kalten Wasser. In der darauffolgenden Latène-Zeit lernte man, aus bestimmten geeigneten Erzsorten Stahl herzustellen. Um 500 v. Chr. scheinen die Kelten diese Erfindung gemacht zu haben, und der aus den manganreichen Erzen des steiermärkischen Erzberges bereitete «Norische Stahl» war seit 400 v. Chr. weitberühmt. In diese Zeit fällt auch die Erfindung des gebläselosen Schachtofens, bei dem der von den Tälern aufsteigende Hangwind als natürlicher Zug ausgenutzt wurde. Doch entwickelte sich in Noricum schon zu römischer Zeit der Übergang vom Zugofen zum Windofen mit Blasebalgbetrieb. Gegen Ende des Mittelalters, im 13. Jahrhundert, begann man in der Steiermark Gebläsevorrichtungen mit Wasserkraft zu betreiben.

Gußeisen, das im Altertum noch unbekannt war, ist eine Errungenschaft des späten Mittelalters. Der erste urkundlich nachgewiesene Eisengießer

war Merckln Gast, der im letzten Jahrzehnt des 14. Jahrhunderts Geschütze und Handbüchsen gegossen hat. Er war jedoch nicht der Erfinder und auch nicht der einzige Praktiker des Eisengusses, wie beispielsweise eine gußeiserne Steinbüchse aus der Zeit um 1400 zeigt, die auf der Burg Landskron über Ahrweiler in der Schweiz gefunden worden ist. Auch die Stadt Wesel besaß um diese Zeit bereits solche Geschütze; seit 1415 sind auch gußeiserne Vollkugeln nachweisbar. Im Siegerland war der Eisenguß zu Beginn des 15. Jahrhunderts bekannt. Die älteste datierte deutsche gußeiserne Ofenplatte weist die Jahreszahl 1497 auf und trägt die Inschrift «Poelit van der Aer».

Axt und Pflugschar, Hammer, Amboß und Nagel, einiges Werkzeug, Schwert und Rüstung – das waren die wichtigsten Erzeugnisse, die das Handwerk schmiedete; vieles, was wir heute aus Eisen hergestellt kennen, war damals aus Holz, Kupfer, Zinn. Aber immer wichtiger wurde das Eisen; nach wie vor wurde es mühsam mit Holzkohle aus dem Erz geschmolzen. Ganz anders als Hesiod und Fichte besingt ein Vers des deutschen Dichters Friedrich von Logau um 1650 das Eisen:

Das Eisen, dünkt mich,
ist weit mehr als Gold zu preisen;
Ohn' Eisen kommt kein Gold,
Gold bleibt auch nicht ohn' Eisen.

Im 18. Jahrhundert erlangte dann die Eisenindustrie Englands durch die von der Dynastie Darby eingeleitete Entwicklung der Kokshochöfen einen Vorsprung, der auf dem Kontinent erst nach Jahrzehnten eingeholt werden konnte (s. S. 165). Die Leistung der ersten Hochöfen betrug etwa 4 Tonnen Roheisen am Tag. Man vergrößerte bald ihre Abmessungen und suchte zugleich die Wärmeverluste zu verringern; bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts wuchsen sie bis zu einer Höhe von 30 m und mehr. Englands Vormachtstellung wurde noch verstärkt durch Huntsmans Erfindung des Tiegelgußstahls von 1740 und Henry Corts Frischverfahren von 1784 (s. S. 168).

In dem gleichen Jahr 1810, in dem der «Eisenkönig» Richard Crawshay (s. S. 169) starb, betrug Englands Roheisenproduktion über 5 Millionen Zentner – ein Drittel der Gesamtproduktion aller zivilisierten Staaten. Das englische Eisen wurde in alle Welt exportiert, insbesondere auch nach Amerika. Man erzeugte nicht mehr wie früher in der Hauptsache Waffen – Gewehre und Geschütze –, sondern neben allerlei Kleinwerkzeug in zunehmendem Maße Maschinen und Maschinenteile, Dampfkessel, Maschinen für den Bergbau und die Eisenindustrie, später dann immer mehr Stahl auch für Lokomotiven, Schienen und Schiffe.

Wie sehr man die industrielle Entwicklung Englands bewunderte, dafür

sind charakteristisch die Reisetagebücher des Schweizer Industriellen Johann Conrad Fischer, der mehrfach Studienreisen nach England unternommen hat. Im Jahre 1845 schreibt er zum Beispiel, er habe im Jahre 1794 zum erstenmal England besucht und Vergleiche anstellen können, wie weit sich der Gewerbefleiß in England, verglichen mit dem des Festlands, herausgebildet habe; dabei sei sein Urteil ganz zugunsten Englands ausgefallen. Fast kein Gegenstand der Maschinenindustrie habe eine ernsthafte Konkurrenz von außen zu fürchten gehabt. Zwanzig Jahre später, unmittelbar nach Aufhebung der Kontinentalsperre, fand er «große neue Erscheinungen in obengenanntem Felde. Die Spinnereien, die Eisengießereien, die Töpfereien ..., die Stahl- und Feilenfabriken, die plattierten Arbeiten von Birmingham und Sheffield, die Gespinste- und Maschinenwebereien von Manchester und die Tuchmanufakturen von Leeds hatten einen Charakter von Größe und Vervollkommnung angenommen, wovon man sich ohne Autopsie (Augenschein) keinen Begriff machen konnte. Zwölf oder dreizehn Jahre später, wo mich meine Neigung und meine Interessen wieder nach diesem Lande drängten, hatte der Maßstab von allem ... noch mehr Zuwachs erhalten ...»

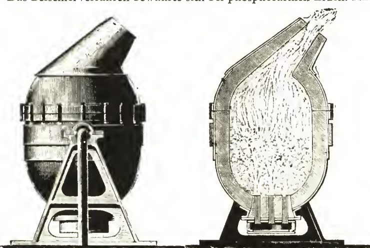
England konnte seine Monopolstellung noch jahrzehntelang wahren. Henry Corts Puddelverfahren, das in der Entkohlung des Roheisens durch atmosphärische Luft im Herde eines Flammofens bestand, blieb freilich nicht lange auf die britische Insel beschränkt. Auf dem Kontinent fand es zuerst in Belgien Eingang: 1820 wurde in der Hütten- und Fabrikanlage der Brüder John und James Cockerill zu Seraing bei Lüttich der erste Puddelofen in Betrieb genommen. Vier Jahre später folgte die erste derartige Anlage auf der Rasselsteiner Eisenhütte von Christoph Friedrich Remy bei Neuwied. Den ersten Puddelofen im Ruhrgebiet errichtete Friedrich Harkort (1793–1880), der das Verfahren auf Studienreisen in England kennengelernt hatte, im nördlichen Wallgraben der Burg Wetter an der Ruhr, wo er zusammen mit Heinrich Kamp 1818 eine Maschinenfabrik gründete. Als Material diente ihm Roheisen aus dem Siegerland. Nach wenigen Jahren wurde das Verfahren an der mittleren Ruhr heimisch und breitete sich schnell aus. Anfang der 40er Jahre waren auf dem Werk von Jacobi, Haniel & Huyssen zu Oberhausen 10 Puddelöfen in Betrieb. In Mähren, Kärnten und Steiermark fand das Puddelverfahren von 1828 an Eingang, wobei hier zunächst Holz, später alpenländische Braunkohle als Heizmaterial Verwendung fand. Alfred Krupp in Essen führte das Verfahren 1853 ein.

Wichtig wurden die Versuche von Freiherr Karl Friedrich v. Kerner und Bergrat Achilles Christian Wilhelm Friedrich v. Faber du Faur, die in den Jahren nach 1831 auf der Kgl. Württembergischen Eisenhütte zu

Wasseralfingen darangingen, die Gichtgase – das sind die Hochofengase – zum Puddeln zu benutzen. Die Winderhitzung durch die Gichtflamme wurde 1832 zuerst in dem badischen Hüttenwerk zu Hausen bei Schopfheim erfolgreich durchgeführt. Das Verfahren setzte sich schnell durch. Im Jahre 1840 erfand Faber du Faur die Gasfeuerung, den Gasgenerator. Das Generatorgas wurde auch für Flammöfen benutzt.

Das Puddeln verlor erst mit dem Aufkommen des Bessemerverfahrens an Bedeutung. Henry Bessemer (1813–1898) aus Charlton in Hertfordshire war ein einfallsreicher Kopf, aber kein Fachmann auf dem Gebiete des Hüttenwesens. Er entwickelte ein ganz neues Verfahren der Flußstahlfabrikation, auf das er 1855 ein englisches Patent nahm. Dieser Prozeß findet in einem birnenförmigen Gefäß oder Konverter statt, der «Bessemerbirne»: In ein drehbares, kolbenartiges Gefäß wird in waagerechter Stellung flüssiges Roheisen eingefüllt, dann in senkrechter Stellung Luft durch ein Rohr vom Boden her eingeblasen zum «Windfrischen». Schließlich wird die «Birne» um 180 Grad gedreht, und der flüssige Stahl fließt heraus. Der Konverter selbst besteht aus einem mit feuerfestem «Futter» ausgekleideten Stahlmantel. Bei dem Frischprozeß werden der Kohlenstoff und sonstige unerwünschte Bestandteile aus der flüssigen Masse entfernt. Nach dem Bessemerverfahren konnte die gleiche Menge Roheisen, zu deren Verarbeitung ein Puddelofen 24 Stunden brauchte, in etwa 20 Minuten gefrischt werden. Krupp führte dieses Verfahren 1862 in Deutschland ein.

Das Bessemerverfahren bewährte sich bei phosphorarmen Erzen. Allein



Die Bessemerbirne (Abbildung aus dem Jahre 1859)

die Lizenznehmer machten bei Verarbeitung andersartiger Erze schlechte Erfahrungen, denn der Phosphor, der beim Bessemerverfahren nicht beseitigt wurde, machte den Stahl brüchig. Die Entfernung der Phosphorbestandteile mit Hilfe eines etwas abgeänderten Verfahrens ist einem anderen Außenseiter zu verdanken: dem Gerichtsschreiber Sidney Gilchrist Thomas (1850–1885), der sein Verfahren 1878 durch Patent schützen ließ. Gelegentlich populärer Vorlesungen des Chemieprofessors George Chaloner war Thomas auf das Problem aufmerksam geworden. Der Professor hatte nämlich gesagt: «Der Mann, der den Phosphor beim Bessemerverfahren entfernt, wird sein Glück machen.» Dieses Glück wollte Thomas für sich gewinnen; also studierte er Chemie und Metallurgie und widmete sich ganz der selbstgestellten Aufgabe. Im Jahre 1878 trat er mit dem Ergebnis seiner Versuche, bei denen er durch seinen Vetter, den Hüttenmechaniker Percy C. Gilchrist, unterstützt worden war, an die Öffentlichkeit. Man nahm den jungen Mann zunächst nicht ernst, doch setzte er sich schnell durch. Sein Geheimnis bestand in der Ausfütterung des Bessemer-Konverters mit einer basischen Schicht, die anfangs aus Ätzkalk und Wasserglas, später aus stark gebranntem Dolomit und entwässertem Teer bestand; hinzukamen noch Kalkzuschläge zur Bindung der Phosphorsäure.

In Deutschland war es vornehmlich ein Mann, der mit wachem Interesse alle Fortschritte auf dem Gebiet der Stahlproduktion verfolgte: Alfred Krupp in Essen.

In Essen war das Schmiedehandwerk alteingesessen; bereits im 15. Jahrhundert hatte die Stadt einen Namen wegen der dort hergestellten Hakenbüchsen. Als Friedrich Wilhelm I. im Jahre 1723 die Potsdamer Gewehrfabrik gründete, verpflichtete er außer Schmieden und Büchsenmachern aus Lüttich auch zwei Essener Meister und zehn Gesellen. Es war also nicht von ungefähr, daß Friedrich Krupp (1787–1825) im Jahre 1812 in der Walkenmühle zu Altenessen eine kleine Gußstahlschmelze gründete, die durch Lieferung von Ambossen, Feilen und auch Gußstahl Beschäftigung fand. Bis 1816 brachte er es fertig, einen für Gerberwerkzeuge brauchbaren Stahl zu erschmelzen; außerdem stellte er Münzstempelstahl her. Bis zu seinem Tod lieferte Friedrich Krupp etwa 50 bis 60 kleine Gußstahlwalzen. In den Jahren 1818/19 erbaute Friedrich Krupp westlich der Stadt Essen eine größere Fabrik mit einem Schmelzbau für 60 Tiegelöfen, von denen aber nur 8 fertiggestellt wurden. Das junge Unternehmen gedieh nicht. Als Friedrich Krupp 1826 seine Augen schloß, war der Betrieb mit Schulden belastet, ohne Aufträge, ohne Arbeiter, ohne Rohstoffe. Die Witwe und der vierzehnjährige Sohn Alfred, der schon sehr früh im Betrieb angelernt worden war, hatten eine Zeit schweren Rin-

gens um ihre Existenz durchzustehen. Alfred Krupp (1812–1887) verfolgte zäh das Ziel des Vaters, Englands Monopolstellung in der Erzeugung von Gußstahl zu brechen und den Kontinent mit Tiegelstahl zu versorgen. Er mußte neu aufbauen; sein Kampf mit der Not dauerte bis gegen Ende der vierziger Jahre.

Das Werk lieferte 1830 Stahlwalzen für die Schmuckindustrie und für Münzen. Recht günstig wirkte es sich aus, als 1834 die Zollschranken zwischen den meisten deutschen Ländern fielen und damit neue Geschäftsverbindungen angeknüpft werden konnten. So war es Krupp im Jahre 1835 möglich, die Fabrik zu vergrößern und eine Dampfmaschine von 20 PS aufzustellen. Ganz allmählich ging es dann aufwärts. 1838 unternahm Alfred Krupp eine Erkundungsreise nach England, um die dortige Stahlfabrikation zu studieren. Von dieser fünfzehnmonatigen Reise kehrte er mit einer Fülle von Erfahrungen zurück, und im folgenden Jahre vermochte er den Absatz des Werks, auch in Frankreich, zu steigern. Doch das Jahr 1842 brachte nochmals eine schwere Krise wegen Abnahme- und Zahlungsschwierigkeiten in Wien, wohin im vorhergehenden Jahre ein Walzwerk für Silberbleche geliefert worden war. Krupps Vetter Friedrich v. Müller unterstützte ihn als stiller Teilhaber, und mit seinem Löffelwalzwerk zur Massenherstellung von Löffeln und Bestecken konnte Müller die Schwierigkeiten überbrücken. Zur Ausnutzung dieser Erfindung gründete Krupp 1844 gemeinsam mit Alexander Schöller in Berndorf bei Wien eine Metallwarenfabrik, deren Leitung sein jüngerer Bruder Hermann übernahm.

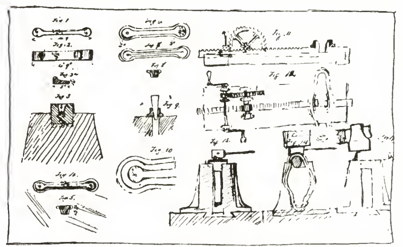
Zu dieser Zeit hatte Alfred Krupp bereits begonnen, sich mit der Herstellung von Feuerwaffen zu beschäftigen, wobei er von dem Gedanken ausging, es müsse doch möglich sein, das Schmiedeeisen für Gewehrläufe und die Bronze für Kanonen durch Gußstahl zu ersetzen. Am 1. März 1844 bot er dem preußischen Kriegsministerium zwei Gewehrläufe zu Versuchen an und schlug zugleich Geschütze aus Gußstahl vor. Zunächst lehnte man ab mit der Begründung, die Infanteriewaffe genüge allen Ansprüchen; die zweite Anregung hingegen, aus Gußstahl Kanonenrohre herzustellen, fand größeres Interesse. Man ermunterte Krupp zu weiteren Versuchen. Drei Jahre später, 1847, erhielt er in Preußen ein Patent auf sein Gußstahlgeschütz; der preußischen Artillerie-Prüfungskommission schickte er nach längeren Verhandlungen sein erstes Geschütz, einen Dreipfünder aus Gußeisen mit einem dünnwandigen stählernen Kernrohr. Die Versuche, die 1849 damit angestellt wurden, bewiesen die Güte des Materials. Im gleichen Jahre noch machte Krupp der Kommission das Angebot, einen Sechspfünder derselben Konstruktion, aber mit Bronzemantel zu liefern.

In dieser Zeit vergrößerte Krupp seinen Tiegelschmelzbau, und Ende 1848 stand das Unternehmen wieder auf solider Grundlage. Jetzt bestellte auch die Eisenbahn, zunächst probeweise, dann laufend: Gußstahlachsen und -federn wurden zu wichtigen Erzeugnissen. Im Jahre 1853 erhielt die Firma ein preußisches Patent auf nahtlos geschweißte Radreifen.

1850 stellte die Firma ein Gußstahlgeschütz her, das im folgenden Jahre auf der Londoner Weltausstellung gezeigt wurde. Von Krupp war außerdem ein Gußstahlblock von 4300 Pfund Gewicht zu sehen; er wurde damals nicht minder bestaunt als etwa der «Sputnik» auf der Brüsseler Weltausstellung von 1958. Mit einem Schlage wurde Krupp weltbekannt. In der Folge stieg die Zahl der Arbeiter in der Gußstahlfabrik ständig an: 1857 zählte sie 1200 Werksangehörige, 1860 waren es 1764 und 1866 bereits 8000.

Krupp beschickte 1854 die Münchener Gewerbeausstellung und im folgenden Jahre die Pariser Weltausstellung, was wachsende Bestellungen zur Folge hatte. 1861 nahm er den berühmten Dampfhammer «Fritz» in Betrieb, der auf einer Erfindung des englischen Ingenieurs James Nasmyth aus dem Jahre 1839 beruhte. Der Hammer war 1000 Zentner schwer und erforderte einen Kostenaufwand von 600 000 Talern. Sein Fallgewicht betrug anfänglich 42 500, später 50 000 kg; erst 1911 wurde er stillgelegt und durch eine hydraulische Schmiedepresse ersetzt.

Im Jahre 1859 erfolgte die erste größere Bestellung des preußischen Staates: 300 Feldgeschützrohre aus Gußstahl. Damals wurde die preu-



Eigenhändige Skizzen Alfred Krupps zur Erfindung der nahtlosen Eisenbahnradreifen

ßische Artillerie mit gezogenen Hinterladern ausgerüstet. Auf der Londoner Weltausstellung von 1862 konnte Krupp mit einem Stahlblock von 20 000 kg Gewicht aufwarten. Hier stellte er ferner eine Kurbelwelle für den Bremer Lloyd im Gewicht von 22 000 Pfund aus; die Welle hatte einen Wert von 30 000 Talern. Mit seinen schweren Stahlerzeugnissen stand Krupp konkurrenzlos da. Es nimmt daher kein Wunder, daß Aufträge aus aller Welt einliefen; so bestellte beispielsweise 1863 Rußland Kanonen für 1½ Millionen Taler. Im Verlauf weniger Jahre rückte Krupp zum ersten Großindustriellen Deutschlands auf.

In der Fabrikation schwerer Geschütze war der englische Rüstungsfabrikant Sir William George Armstrong (1810–1900), der 1846 den hydraulischen Kran und 1864 die Rohrrücklaufbremse erfunden hat, Krupps schärfster Gegenspieler. Wiederholt mußten die Kruppgeschütze schwere Bewährungsproben gegen Armstrongs Erzeugnisse bestehen. Bei einem Vergleichsschießen in den Jahren 1864 und 1866 in Preußen wurden ihm weit ungünstigere Bedingungen auferlegt als dem Engländer, so daß Krupp zunächst aus dem Felde geschlagen wurde. Aber bei einem weiteren Vergleichsschießen unter gleichen Bedingungen konnten die Kruppgeschütze ihre Überlegenheit zeigen. Bei einem Dauerschießen der beiden in Wettbewerb stehenden Geschütze wurde das englische Riesenrohr nach 138 Schüssen rissig und nach dem 300. Schuß völlig unbrauchbar, während das Krupprohr nach 676 Schüssen noch nicht den geringsten Schaden aufwies.

Aber die Technik der eisenschaffenden Industrie machte Fortschritte nicht nur für kriegerische Zwecke: In das Jahr 1864 fällt der Bau des ersten Schienenwalzwerks in England, und damit begannen die Bessemer-Stahlschienen ihren Siegeszug.

Einen entscheidenden Schritt vorwärts bedeutete dann die Einführung des Siemens-Martin-Verfahrens 1870. Angeregt durch ein neues Verfahren des österreichischen Artillerieleutnants Franz Freiherr v. Uchatius zur Herstellung von Gußstahl (1854), wobei das Roheisen durch Zusatz von Erz entkohlt wurde, entwickelte ein Bruder des großen Werner von Siemens, Friedrich Siemens (1826–1904), im Jahre 1856 die sogenannte Regenerativfeuerung. Er und sein Bruder Wilhelm (der zweite der Siemens-Brüder, der später Sir William wurde) kannten das Patent des englischen Pfarrers Robert Stirling von 1816 auf ein Verfahren, die Abwärme einer Feuerung auszunutzen. Damals freilich war die Idee noch nicht zu verwirklichen. Stirling hatte sich das Verfahren in ganz ähnlicher Weise gedacht, wie es Friedrich Siemens in seinem ersten Patent vom 2. Dezember 1856 für seinen Regenerativofen für technische Feuerungen beschreibt: Von zwei gemauerten Kammern

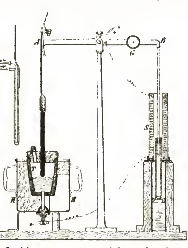
mit Steingitterwerk, den «Regeneratoren», wird jeweils einer durch die abströmenden verbrannten Gase erhitzt und gibt nach Umschaltung seine Wärme an das Heizgas oder die Verbrennungsluft ab. Friedrich Siemens erzielte in seinem Versuchsofen in einem Zeitraum von sechs Stunden eine derartige Hitze, daß Feilen schmolzen und die feuerfesten Tiegel verschlackten. Diese Regenerativfeuerung sollte nun also für die Stahlgewinnung benutzt werden. Die ersten praktischen Versuche zum Schmelzen von Tiegelstahl unternahm man in einem Gußstahlwerk in Sheffield. Sie verliefen jedoch noch ohne befriedigendes Ergebnis, ebenso wie spätere Versuche in Berlin und in England. Anfang der 60er Jahre begann dann aber die Zusammenarbeit zwischen Wilhelm Siemens und den französischen Eisenhüttenbesitzern Emile Martin und dessen Sohn Pierre, die zu Sireuil bei Angoulême eine kleine Eisenhütte mit einem basischen Herdofen betrieben. Dort wurde 1864 von Siemens-Ingenieuren ein Stahlschmelzofen mit Regenerativfeuerung aufgestellt, und der Sachkenntnis von Pierre Martin ist es zu verdanken, daß das neue Verfahren zu günstigen Ergebnissen führte, das Martin in England sogleich zum Patent anmeldete. 1866 kam es zu einem Vertrag zwischen Wilhelm Siemens und den beiden Martin. Von 1868 fand das Verfahren auch anderwärts Eingang; der erste Siemens-Martin-Ofen in Deutschland kam bei der Lokomotivfirma Borsig in Berlin-Moabit in Betrieb. Die Firma Barber & Klusemann erwarb die Patente für die Vertreter in Österreich und legte 1869 in Floridsdorf bei Wien ein Schienenwalzwerk mit Siemens-Martin-Werk an. Krupp führte das Verfahren 1870 ein. Die beiden Martin stellten in den Siemensschen Regenerativöfen aus Schrott und Roheisen den ersten Schmelzstahl her.

Anfangs war freilich die Leistung noch so gering, daß der Professor für Eisenhüttenkunde Hermann Wedding 1873 erklärte, ein mittlerer Bessemer-Konverter leiste soviel wie 16 Siemens-Martin-Öfen. Das Verfahren bedurfte noch mancher technischer Verbesserungen, erlangte dann aber von den 80er Jahren ab steigende Bedeutung, als man auf das von Franz v. Uchatius entwickelte Verfahren (s. S. 393) zurückgriff, wodurch das Einschmelzen beliebig großer Schrottmengen möglich ist.

Welch einen wirtschaftlichen Umschwung das Siemens-Martin-Verfahren im Gefolge hatte, zeigte sich bald darin, daß die Roheisenerzeugung außerhalb Englands, vor allem in den USA, so anstieg, daß die englische Produktion auf die Hälfte, ja bald unter ein Viertel der Welterzeugung absank; um 1896 war England weit überflügelt. Das Siemens-Martin-Verfahren wurde zum wichtigsten Stahlerzeugungsverfahren der Welt. «Während der Anteil des basischen Siemens-Martin-Stahls an der Eisenerzeugung der Welt im Jahre 1900 30% betrug, überflügelte die

Siemens-Martin-Stahlerzeugung im Jahre 1910 diejenige an Thomasstahl; sie liegt heute – 1953 – bei 80% der Gesamtstahlerzeugung» (Otto Johannsen).

Der Stahlerzeugung nach dem Siemens-Martin-Verfahren stellte sich bald als erfolgversprechend das Elektrostahlverfahren an die Seite. 1879/80 hatte Wilhelm (William) Siemens (1823–1883) die Herstellung von Stahl auf elektrothermischem Wege in einem Lichtbogenofen versucht. Das Ergebnis war aber nicht befriedigend. 1898 unternahm der italienische Artilleriehauptmann Emilio Stassano ähnliche Versuche mit einem elektrischen Hochofen, erzielte aber ebenfalls nur Teilerfolge. Inzwischen hatte sich auch Paul Louis Toussaint Héroult (der auch Wesentliches für die Aluminiumgewinnung geleistet hat) in La Praz in Frankreich mit diesem Problem beschäftigt, und es gelang ihm im Jahre 1900, besten Flußstahl zu erschmelzen. Sein Ofen hatte gegenüber dem von Stassano den Vorteil, daß der Lichtbogen zwischen Kohlenelektroden und Eisenbad arbeitete und dieses unmittelbar heizte. Weitere Verbesserungen schuf 1906 Paul Girod zu Ugines in Savoyen. Dies waren ermutigende Ansätze, aber erst die Schweden Assar Grönwall, Axel Lindblad und Otto Stålhane gelangten nach längeren Vorarbeiten 1909 zu einem elektrischen Hochofentyp, der sich voll bewährte und die elektrische Roheisengewinnung durchsetzte. Während beim Blashochofen die zur Durchführung des Prozesses benötigte Wärme durch die Kohlenstoffverbrennung von den Windformen erzeugt wird, wird sie beim Elektroofen von dem durch die Beschickung hindurchgehenden Strom geliefert, der eine kombinierte Widerstands-Lichtbogenerhitzung bewirkt. In beiden Fällen sind die Herdtemperaturen etwa die gleichen. Der Elektrostahl begann den Tiegelstahl zu verdrängen.



Stahlerzeugung im Elektroschmelztiegel nach Wilhelm Siemens (1879)

Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts erschlossen sich für Stahl und Eisen immer weitere Verwendungsmöglichkeiten im Schiffbau und im Brückenbau, im Hoch- und Hausbau, später, ab 1900, in der aufkommenden Automobilindustrie, die zu einem ebenso großen Eisenverbraucher wurde wie die Eisenbahn.

Im Hochbau begann es mit dem T-Träger, den die Franzosen M. Bleuze und Ferdinand Zorès in Paris 1847 zuerst entwarfen; damals ließ sich dieses Profil noch nicht walzen, ebensowenig wie der Doppel-T-Träger, den gleichfalls ein Franzose, der Bauunternehmer Chibon, entwarf. Ein geschweißter Doppel-T-Träger von 144 mm Höhe wurde erstmals 1849 beim Bau eines Hauses in Paris verwendet. Aber in demselben Jahr konnte Zorès auf der Pariser Industrieausstellung schon gewalzte Träger von 100 bis 180 mm Höhe und in Längen von 2 bis 6,5 m zeigen.

Durch die Fortschritte der Walztechnik wurde das Formeisen schnell zu einem der wichtigsten Erzeugnisse der Hüttenwerke. In Deutschland walzte die Gesellschaft Phönix in Eschweiler-Aue 1858 die ersten schweren I-Träger: 230 mm hohe Träger mit 90 mm Flanschbreite für den Bau von Eisenbahnwagen. Das Eisenwerk Rothe Erde bei Aachen und die 1856/57 gegründete Burbacher Hütte im Saarrevier nahmen kurz danach die Fabrikation von gewalzten Trägern auf. Die Burbacher Hütte entwickelte sich zum führenden Trägerwalzwerk Deutschlands. Mitte der 70er Jahre setzten die Bestrebungen zur Einführung von Normalprofilen ein, um eine Vereinheitlichung der Formen zu schaffen, 1881 wurde das «Deutsche Normalprofilbuch» herausgegeben.

Das Flußeisen ermöglichte den Bau fester Brücken mit bisher unerreichter Spannweite, und im Häuserbau verdrängte das Doppel-T-Eisen den Holzbalken als Deckenträger. Ob es sich um Hängebrücken handelt, wie etwa die 1819–1825 von Thomas Telford gebaute Hängebrücke mit 157 m Spannweite über die Meerenge von Menai, oder um Röhren- oder Gitterbrücken – ohne Eisen und Stahl wären solche Leistungen nicht möglich gewesen. In Amerika setzte der Bau von Häusern mit Eisenträgern bald ein, nachdem die Gebäude der Jahrhundertausstellung in Philadelphia vom Jahre 1876 mit schmiedeeisernen Tragkonstruktionen ausgeführt worden waren. Im Jahre 1879 trat Leroy S. Buffington mit kühnen Plänen für Geschäftshäuser von 50 bis 100 Stockwerken hervor und zeichnete in diesem Jahre die Pläne zum «West-Hotel» in Minneapolis, das nach dem «Wolkenkratzer»-Prinzip 1883 mit 24 Stockwerken gebaut wurde. Buffington kam erst 1888 dazu, seine Ideen patentieren zu lassen. Inzwischen wurde zu Chicago das «Home Insurance-Building», ein Stahlgerüst-Hochhaus, in den Jahren 1884 bis 1886 gebaut, das für die späteren Wolkenkratzer New Yorks zum Vorbild wurde. Und in Europa erbaute Gustave Eiffel (1832–1923) dann als Wahrzeichen für die Pariser Weltausstellung von 1889 aus französischem Siemens-Martin-Stahl den 300 m hohen Eiffelturm, der alle bisherigen Bauwerke fast um das Doppelte überragte.

Eine nicht minder große Bedeutung hat der Eisen- bzw. Stahlbeton

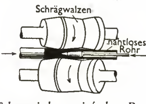
in der Bautechnik gewonnen. Die Ehre, Erfinder des Eisenbetons zu sein, wird meist dem Pariser Gärtnereibesitzer Joseph Monier (1823–1906) zugeschrieben, obwohl er eigentlich nicht der erste war, der auf den Gedanken kam, Zement mit Eisen zu armieren. Ausgangsmaterial war der 1824 in England erfundene Portlandzement, den Joseph Aspdin zu Leeds zuerst dargestellt hat. Um aus dem Zement auch weniger massive Gegenstände fertigen zu können, die trotzdem großen Beanspruchungen gewachsen waren, suchte man nach einem geeigneten Baustoff, der das Gerippe des Gegenstandes bilden konnte. So baute der Franzose Lambot 1854 ein Ruderboot aus Beton mit darin eingeschlossenen Eisenrippen; im folgenden Jahr erhielt er das erste französische Patent auf die neue Verbundbauweise. Seit Lambot gibt es Stahlbeton.

Monier stellte Blumenkübel aus Zementmörtel und Eisendrahtgeflecht her und ließ auch eine Mauer anstatt aus Ziegeln aus gedrahtetem Zement aufführen – das erste Bauwerk aus Eisenbeton. 1867 wurde sein Verfahren in Frankreich patentiert. Weitere Patente folgten, auch in Deutschland. Sein Verdienst ist es, Vorschläge zur mannigfachen Anwendung dieser Bauweise gemacht zu haben. Moniers Erfindung war rein empirisch zustande gekommen und bedurfte in der Folgezeit einer Weiterentwicklung durch sachverständige Ingenieure. Die Rechte seines deutschen Patents von 1881 erwarben die Firmen Freytag & Heidschuch in Neustadt an der Haardt (später Wayss & Freytag) und Martenstein & Josseux in Offenbach am Main, die das Verfahren gründlich verbesserten und weiterentwickelten. Die Theorie der auftretenden Zugspannungen und anderer Größen der Festigkeitslehre wurde von dem Ingenieur Gustav A. Wayss aufgestellt. Die neue Bauweise fand in Deutschland und in Österreich bald weite Verbreitung. 1886 stellte Matthias Koenen die Grundbedingungen für die Herstellung des Verbundkörpers von Beton und Eisen auf und veröffentlichte eine grundlegende Abhandlung über das Verhalten der auf Biegung beanspruchten Druckkörper aus Eisenbeton.

Der Eisenbetonbau hat sich allgemein schnell eingeführt, da er die Vorzüge der Tragsicherheit mit der Feuersicherheit und der Unempfindlichkeit gegen Fäulnis und Schwammbildungen vereinigt. Insbesondere für Hoch- und Geschäftshäuser, Repräsentationsgebäude und Industriebauten wird er bevorzugt verwendet; auch im Wasserbau hat er sich bewährt, und heute stehen wir staunend vor den scheinbar schwerelos sich in den Raum schwingenden freitragenden Stahlbetonkonstruktionen der modernen Architekten.

Das 19. Jahrhundert war wirklich das Jahrhundert des Eisens. Immer neue Methoden, immer neue Anwendungen fand man. Eine der wesent-

lichsten Erfindungen dieses Jahrhunderts war das Mannesmann-Rohr. 200 Jahre alt war die Feilen- und Stahlwarenfabrik zu Remscheid, die sich von Generation zu Generation in der Familie Mannesmann vererbt hatte. Um die Mitte des Jahrhunderts befand sie sich in den Händen von Reinhard Mannesmann dem Älteren (1814–1894), der den Betrieb nach altbewährten handwerklichen Grundsätzen leitete. Seine Söhne aber, Reinhard (1856–1922) und Max (1857–1915), gaben der Firma bald ein anderes Gesicht. Sie hatten beim Schrägwalzen die Beobachtung gemacht, daß bei Rundstäben im Innern des Stahls häufig Hohlbildungen auftraten. Das Verfahren selbst war zwar schon seit Jahren bekannt, denn Georg Walter Dyson und Henry Arthur Hall hatten bereits 1870 ein englisches Patent auf die Herstellung von Hohlkörpern im Schrägwalzverfahren, aber erst die Brüder Mannesmann zogen aus der Beobachtung der unerwünschten Hohlbildungen eine wichtige Erkenntnis: Konnte man so nicht zu erwünschten Hohlkörpern kommen? Zu Rohren? Nach langwierigen Vorarbeiten gelang ihnen in den Jahren 1883/84 die epochemachende Erfindung, «aus einem massiven Stahlblock durch Schrägwalzen über den Dorn einen nahtlosen Hohlkörper zu erzeugen». Das erste Mannesmannrohr wurde in der Nacht vom 21. zum 22. August 1886 morgens um 2½ Uhr gewalzt. Im gleichen Jahr erhielten sie das erste Patent auf dieses Verfahren. Um das Geheimnis für Außenstehende vorerst zu wahren, hatte man einen Vetter, Dr. Fritz Koegel aus Staßfurt, als Patentnehmer vorgeschoben (DRP Nr. 34617 vom 27. Januar 1885). Freilich bedurfte es noch jahrelanger Arbeit, bis durch die Erfindung des «Pilgerschrittverfahrens» (1890) das Ziel erreicht war und man aus einem nahtlosen Hohlblock die handelsüblichen dünnwandigen Rohre herzustellen in der Lage war. Jetzt erst konnte man Rohre mit gleichmäßiger Wandstärke fertigen. Auf dieses «Verfahren zum Auswalzen und Kalibrieren von Röhren mittels Pilgerschritt-Walzverfahren» erhielten die Brüder Mannesmann am 24. Februar 1891 ein deutsches Reichspatent. Es mutet fast wie ein Treppenwitz der Technikgeschichte an, daß Richard Archibald Brooman bereits im Jahre 1856 ein englisches Patent auf eine Walzvorrichtung erhalten hatte, die dem Zweck diente, dickwandige Hohlkörper im «Pilgerschritt-Tempo» zu dünnwandigen Rohren auszustrecken – ein Patent, das keine praktische Anwendung fand und völlig vergessen worden war.



Schematisch vereinfachte Darstellung des Mannesmann-Verfahrens

Das Pilgerschritt-Walzverfahren entwickelten dann insbesondere die

Deutsch-Österreichischen Mannesmannröhren-Werke weiter, die 1890 unter Vorsitz von Georg Siemens – einem Vetter des großen Erfinders Werner von Siemens – mit einem Aktienkapital von 35 Millionen Mark gegründet wurden. Die Erfinder vergaben nicht nur Lizenzen, sondern errichteten gleich an vier Stellen Röhrenwerke. 1901 schuf man das große Werk in Düsseldorf-Rath als Ersatz für die kleine Fabrik in Remscheid. Nach Überwindung mannigfacher Schwierigkeiten entwickelten sich die Mannesmann-Werke zu einem der bedeutendsten Industrieunternehmen in Deutschland.

Silber aus Lehm

Das Aluminium, das weiße Leichtmetall mit dem Atomgewicht 26,98, ist ein Geschenk des 19. Jahrhunderts. Es ist ein weitverbreitetes Metall, das gediegen in der Natur nicht vorkommt, sondern hauptsächlich als Aluminiumoxyd aus der Tonerde gewonnen wird. Es findet sich als Tonerdesilikat in Ton, Mergel usw.

Der erste, der metallisches Aluminium in Form eines grauen Pulvers durch Reduktion von Aluminiumchlorid darstellte, war im Jahre 1827 der berühmte Chemiker Friedrich Wöhler. In technisch verwertbaren Mengen vermochte, auf Wöhler fußend, erst Henri Sainte-Claire Deville (1818–1881), der damals in Frankreich führende anorganische Chemiker, metallisches Aluminium durch Schmelzflußelektrolyse von Aluminiumchlorid und Natriumchlorid zu gewinnen (1854). Um diese Zeit gelang das auch Robert Bunsen, aber dieser ging der Sache nicht weiter nach, weil das Verfahren wegen der hohen Strompreise zu kostspielig war, um an eine technische Verwertung denken zu lassen. Sainte-Claire Deville hingegen sah die Möglichkeit einer industriellen Verwertung. Am 6. Februar 1854 trug er seine Methode der Pariser Akademie der Wissenschaften vor, und sechs Wochen später konnte er ein kleines gewalztes Aluminiumband, als Probe für das Metall und seine Walzbarkeit, übergeben.

Sainte-Claire Deville kannte natürlich Wöhlers Entdeckung von 1827, und Wöhler schrieb 1854 an die französische Akademie die ermutigenden Worte: « Der Wissenschaft und vielleicht auch der Industrie wäre ein großer Dienst geleistet, wenn es dem ausgezeichneten Sainte-Claire Deville gelingen würde, die Reduktion des Aluminiums durch ein leichteres und wirtschaftlicheres Verfahren zu bewirken.» Dieser Aufgabe widmete sich Deville mit Erfolg. Er konnte die Herstellung des Ausgangsstoffes in der Fabrik der Brüder Rousseau zu La Glacière bei Paris weit-

gehend verbilligen und den Gestehungspreis von Aluminium von 1200 Francs auf 300 Francs je Kilogramm herabsetzen. Im Jahre 1855 wurde Napoleon III. durch den Chemiker Jean Baptiste Dumas für Sainte-Claire Devilles Versuche interessiert. Der Kaiser dachte sofort an die Möglichkeit, die schweren eisernen Helme und Kürasse seiner Kavallerie durch solche aus dem leichten Aluminium zu ersetzen, und erklärte sich bereit, aus seiner Privatschatulle für die fabrikmäßige Gewinnung von Aluminium Geldmittel zur Verfügung zu stellen. Noch im selben Jahre konnte Sainte-Claire Deville die erste industrielle Versuchsanlage in der chemischen Fabrik zu Javel bei Paris errichten, und nach wenigen Monaten war er in der Lage, der Akademie einen kleinen Aluminiumbarren vorzulegen. Auf der Pariser Weltausstellung von 1855 wurde dann das Aluminium als «Silber aus Lehm» erstmals der Öffentlichkeit gezeigt.

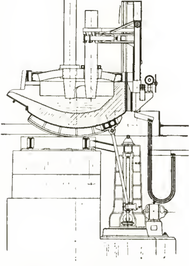
Sainte-Claire Deville unterließ es absichtlich, Patentschutz für sein Verfahren anzustreben, und erhob auch keine Ansprüche irgendwelcher Art, als Paul Toussaint Héroult (1887) und der Amerikaner Charles M. Hall aus Ohio (1886) ihr elektrolytisches Verfahren patentieren ließen.

Deville wollte seine Versuche in La Glacière fortsetzen, aber die Anwohner beschwerten sich über die Belästigung durch Chlor- und Natriumdämpfe und erreichten, daß der Betrieb geschlossen wurde. Die Fabrikation wurde daraufhin 1857 nach Nanterre verlegt, und Deville bestritt die Kosten für die Einrichtung aus eigenen Mitteln. In der neuen Fabrik gelang es nun bald, Aluminium mit einem Reinheitsgrad von 96 bis 97% zu gewinnen. Das Produkt war allerdings immer noch sehr teuer, wenn auch der Preis 1859 durch Verbilligung der Rohstoffe auf 200 Francs je Kilo herabgesetzt werden konnte. Im selben Jahre belief sich die Erzeugung auf 750 kg, im Jahre 1895 war sie auf 650 t gestiegen. Dementsprechend sank der Preis: er betrug im Jahre 1889 nur noch 38 Mark je Kilogramm.

1859 wurde die Fabrik abermals verlegt, nach Salindres (Gard). Bereits auf der Pariser Weltausstellung von 1867 konnten nun außer Aluminiumbarren auch Halbfabrikate wie Platten und Bleche, getriebene, gepreßte und gehämmerte Gegenstände aller Art sowie Aluminiumlegierungen (Aluminiumbronzen) gezeigt werden. Auch 1878 waren die Franzosen noch die einzigen, die auf der Pariser Weltausstellung dieses Jahres Aluminium auszustellen in der Lage waren.

Einen wesentlichen technischen Fortschritt brachte das Jahr 1887, als Paul Toussaint Héroult den Kathodenofen für ununterbrochenen Betrieb unter Verwendung der Dynamomaschine als Stromquelle konstruierte und damit zum Begründer der Elektrometallurgie des Aluminiums nach der Schmelzmethode wurde. Gleichzeitig und unabhängig von Héroult

entwickelte der Chemiker der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft (AEG) Martin Kiliani (1858–1895) sein elektrolytisches Verfahren zur Gewinnung von Aluminium in großem Maßstab, das ihm 1887 patentiert wurde. Kiliani trat in den Dienst der 1888 gegründeten Aluminium-Industrie A.G., Neuhausen in der Schweiz, und es dauerte nicht lange, bis man Aluminiumhütten in Amerika, England, Frankreich und Norwegen gründete. Die Folge war ein weiteres Sinken des Kilogrammpreises in den Jahren 1891 bis etwa 1900 von 5 auf 2 Mark.



Elektrischer Aluminium-Schmelzofen nach Héroult (Schnittzeichnung)

Die ständig steigende Verwendung von Aluminium ließ in zunehmendem Maße den Wunsch aufkommen, auch technisch brauchbare Aluminiumlegierungen herzustellen. Die bekannteste und wichtigste ist das stahlharte Dural, das Duraluminium, das der Chemiker Alfred Wilm (1869 bis 1937) entwickelt hat, als er bei der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg bei Berlin mit Untersuchungen über Aluminiumlegierungen beschäftigt war: «Reichlich zwei Jahre gingen so ins Land, in welchen ich alle möglichen Zusätze erprobte, ohne die gewünschte Festigkeit zu erreichen, bis die Aluminium-Magnesium-Legierung mit Kupfer und Mangan durch ihre eigenartigen Nachreifeerscheinungen nach einer Veredelungsglühung zum Ziele führte.» Die mehr oder minder zufällige Entdeckung dieser Nachreifung, die das Aushärten bewirkte, fiel in den Herbst 1906, aber Wilm brauchte noch zwei Jahre, um die Arbeitsbedingungen festzulegen, bei denen die höchsten Festigkeitseigenschaften mit absoluter Sicherheit erzielt werden konnten. Im Herbst 1908 waren die Vorarbeiten so weit fortgeschritten, daß man die Fabrikation in großem Umfang aufnehmen konnte. Am 20. März 1909 erhielt Wilm ein DRP auf das Duraluminium. Ein Wechsel in der Leitung der Physikalisch-Metallurgischen Abteilung der Zentralstelle führte zum Ausscheiden Wilms, da man für die Wichtigkeit dieser Erfindung kein Verständnis hatte. Nur der technische Direktor der Dürener Metallwerke interessierte sich für die Erfindung und erwarb die Patente. Nunmehr wurden Leichtmetalle auch für hochbeanspruchte Bauteile ver-

wendbar, beispielsweise als Werkstoff für das Gerippe der Zeppelinluftschiffe und für die Ganzmetallflugzeuge – zuerst 1915 für die Junkersmaschine.

Die Weltproduktion von Aluminium ist von rund 7000 t im Jahre 1900 auf 65 000 t bis zum ersten Weltkrieg, auf 541 000 t bis zum Beginn des zweiten Weltkrieges und auf 2850000 t im Jahre 1957 angestiegen. Das Verkehrswesen verbraucht jetzt etwa ein Fünftel des Weltaufkommens. Zu den nächstwichtigsten Verbrauchern gehören der Apparatebau und die Maschinen- sowie die chemische Industrie.

Erdöl und Kohle, Salz und Kali

Der gelehrte Jesuit Athanasius Kircher, eine wissenschaftliche Autorität seiner Zeit, machte anno 1665 einen bemerkenswerten Vorschlag: Aus Bleirohren, so meinte er, solle man eine Leitung verlegen, um auf diese Weise eine «Ewige Lampe» ständig mit Brennstoff versorgen zu können, den die Erde selbst liefere. Der ungemein belesene und äußerst vielseitige Jesuit war Mathematiker und Philosoph, Archäologe und Sprachforscher, er versuchte die Hieroglyphen zu entziffern und das Geheimnis der Versteinerungen aufzudecken, und er erfand auch einen Brennspiegel und eine Laterna magica. Eingehend hat er sich auch mit den Höhlen befaßt: «Mundus subterraneus – Unterirdische Welt» ist der Titel eines 1664 erschienenen Werkes, in dem der gescheite Pater auch über das Erdinnere spekuliert. So ist es nicht weiter verwunderlich, daß er Stellen kannte, an denen Erdpech oder «eine gewisse andere brennbare Flüssigkeit wie aus einem natürlichen Behälter dauernd hervorsprudelt». Damit hat Kircher natürlich Erdöl gemeint. Aber daß er sich auch gleich eine «Pipeline» hat einfallen lassen, das ist doch recht bewundernswert.

Natürlich ist Pater Kircher bei weitem nicht der erste, der von Erdpech oder brennbarem Erdöl zu berichten weiß. Wir hörten schon von der Verwendung des Asphalts in Mohendscho-Daro und vom Griechischen Feuer. In Babylon und Ninive mörtelte man mit Asphalt, die alten Ägypter benutzten Erdwachs beim Einbalsamieren ihrer Mumien. Herodot hat die Erdölquellen von Zakynthos im Ionischen Meer beschrieben, und in Persien lernten die Juden jene Gruben kennen, in denen sich Erdöl – assyrisch naptu, daher das griechische Naphtha – sammelte und die Priester das heilige «Ewige Feuer» hüteten. Bei Plinius lesen wir, daß das Erdöl von Agrigent als «Sizilisches Öl» in Lampen gebrannt wurde – vielleicht ist diese Verwendung des Erdöls in Italien niemals ganz außer Gebrauch gekommen, denn noch im 18. Jahrhundert diente das in Amiano

unweit von Parma gefundene Erdöl zur Beleuchtung einiger Städte, darunter namentlich Genuas.

Die brennenden Naphthabrunnen zu Baku waren schon dem Altertum bekannt; bereits um 950 n. Chr. wurde dort sowohl helles wie dunkles Naphtha gewonnen, wie aus einem Bericht des arabischen Schriftstellers Masudi hervorgeht. Auch Marco Polo, der 1271 seine große Reise nach China antrat, berichtet davon und sagt, das Öl eigne sich gut zum Brennen. Schon im Jahre 1166 hören wir aber auch von einem «tiefen Schacht» und einer Ölquelle bei Puzzuoli, dann folgen Nachrichten über die Erschließung solcher Quellen bei Modena im 15. Jahrhundert. Die Ölgewinnung in Pechelbronn im Elsaß wird auch schon 1498 erwähnt, und um diese Zeit wurden Bitumenvorkommen bei Lampertsheim in Nieder-Elsaß von den Bauern als Wagenschmiere benutzt. 1735 wurden hier Erdölsande entdeckt, und 10 Jahre später verlieh Ludwig XV. dem Monsieur de la Sablonnière Konzessionen für die Erdölquellen von Pechelbronn. Eine intensivere Ausbeutung begann jedoch erst um 1785. Auch manche Indianerstämme Nordamerikas entzündeten bei ihren jährlichen Zusammenkünften das aus dem Boden sickernde Erdöl zu kultischen Zwecken, benutzten Erdöl aber auch zu Heilzwecken, genau wie im mittelalterlichen Europa bis weit in die Neuzeit hingegen das «Steinöl», das «Oleum petrae» – etwa aus dem Tegernseer Gebiet – als Heil- und Hausmittel sehr geschätzt wurde.

Auch im hannoverschen Wietze fand man Erdpech, und hier stellte der in Celle wirkende Hofmedicus Johann Taube, wie er selbst 1769 beschrieben hat, bei der Destillation des Erdpechs fest, daß es reich an «Bergöl» – an Petroleum – war. Bei einer zweiten Destillation gewann er in geringen Mengen ein «weißes, flüchtiges Öl», einen «wahren Berg-Balsam, Naphtha», der leicht Feuer fing – es war dies rohes Benzin!

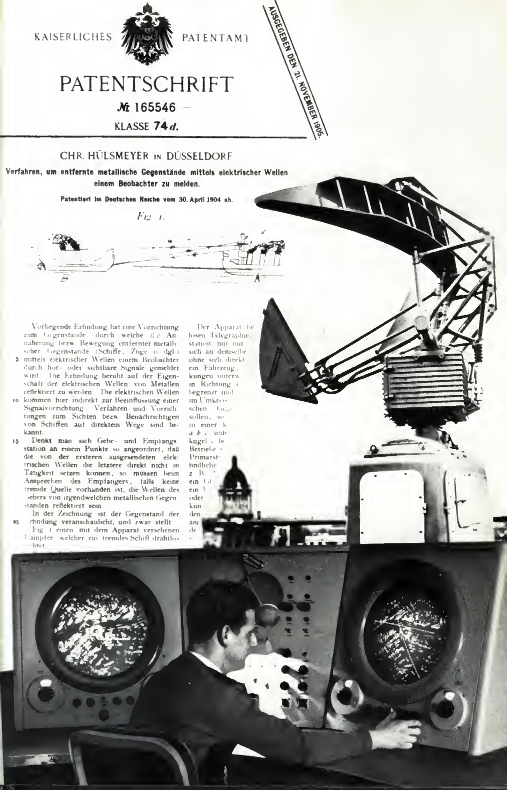
Die erste Erdölgewinnung in Europa, die einiges Ausmaß hatte, kam in Galizien in Gang. Aus diesem Gebiet hören wir erstmals 1506 von «Erdbalsam», also von paraffinhaltigem Öl. Ins Leben gerufen wurde sie von dem Kaiserlich-Königlichen Salinenbeamten Joseph Hecker 1817 bei Drohobycz, wo es ein «ärarisches (staatliches) Salzsudwerk» gab, und Truskawice. In einer kleinen Raffinerie zu Modrycz stellte er Öl für Beleuchtungszwecke her. Sein Naphtha war allerdings nur das erste Destillat, enthielt also auch Benzin, und die Feuergefährlichkeit dieses Produkts hat wohl als Grund dafür mitgespielt, daß der Magistrat der Stadt Prag den Vorschlag Heckers, sein Naphtha zur Straßenbeleuchtung zu benutzen, ablehnte, obwohl eine öffentliche Probe auf der Prager Kleinseite 1817 zu allgemeiner Zufriedenheit ausgefallen war. Wenn Prag damals keine Petroleumbeleuchtung bekam, lag das aber vor allem daran,

daß Hecker seinen Vertrag auf Lieferung von Naphtha wegen des ungewöhnlich schneereichen Winters nicht zu erfüllen vermochte. Die Sendung lagerte in Przemysl und gelangte erst im nächsten Frühjahr nach Prag. Der Magistrat verweigerte die Annahme, und in einem langwierigen Prozeß wurde Hecker zur Zahlung von 6000 Gulden verurteilt. Die Folge war der materielle Ruin dieses Pioniers einer neuen Industrie. Zu jener Zeit wurde übrigens auch das Städtchen Drohobycz einige Jahre lang mit Naphtha beleuchtet – so lange, bis die Quelle fast versiegte.

Aber Hecker fand Nachfolger. Um 1835 zählte man bei Boryslaw in Galizien schon 30 Ölbrunnen, und 1840 bestanden im Stanislauer Bergrevier 75 Schächte, aus denen Erdöl gefördert wurde; sie erbrachten zusammen 24000 Liter Rohöl. Die Produktion hatte jedoch nur lokale Bedeutung, und die Methoden der Gewinnung waren primitiv. In Boryslaw begann man 1856 besser eingerichtete Schächte zu graben, nachdem von 1854 an die Verwendung von Erdöl für Beleuchtungszwecke immer weitere Verbreitung fand und die Nachfrage ständig wuchs. Die eigentlichen Urheber der galizischen Erdölförderung waren der Propinator – so nannte man in der Donaumonarchie den Inhaber einer Brau- und Brenngerechtigkeit – Abraham Schreiner und der Lemberger Apotheker Ignaz Lukasiewicz. Schreiner brachte dem Apotheker 1848 ein schwarzes Bergöl von Drohobycz in Galizien, das bisher als Wagenschmiere Verwendung fand. Lukasiewicz reinigte das Rohöl nach einem geheimgehaltenen Verfahren und stellte raffiniertes Leuchtöl her. Dieses Verfahren hatte allerdings schon Charles Gower 1792 zur Reinigung von fetten Brennölen angegeben. 1801 war es von Louis Jacques Thénard verbessert worden, und Nicolas Théodore de Saussure reinigte 1817 das Erdöl nach derselben Methode wie Thénard das Rüböl: mittels Schwefelsäure und einer Pottaschelösung. 1853 jedenfalls baute Lukasiewicz seine Naphthalampe, mit der das Schaufenster der Apotheke des Herrn Mikolasch in Lemberg, wo Lukasiewicz Provisor war, beleuchtet wurde.

Doch bald machte sich der tüchtige Provisor daran, Naphtha im großen herzustellen. In dem Dorf Ulaszowice bei Jaslo und dann in Polenka errichtete Lukasiewicz eine Naphthadestillerie, und schon 1854 konnte er an die 300 Zentner Naphtha nach Wien senden. Fünf Jahre später war seine Lieferung für die Wiener Nordbahn auf 55000 kg gestiegen. Als Lukasiewicz von den sensationellen Ölfunden zu Titusville in Pennsyl-

VOM TELEMOBILOSKOP ZUR GLÄSERNEN LANDKARTE: Oben die Patentschrift von 1905 mit dem grundlegenden Patent der Ortung durch elektromagnetische Wellen. Rechts ein modernes Radargerät, unten die Radarschirme, mit denen der Schiffsverkehr in einem Großhafen überwacht wird



KAISERLICHES PATENTAMT

AUSGEGEBEN DEN 21. NOVEMBER 1905.

PATENTSCHRIFT

№ 165546 —

KLASSE **74** *d.*

CHR. HÜLSMEYER in DÜSSELDORF

Verfahren, um entfernte metallische Gegenstände mittels elektrischer Wellen einem Beobachter zu melden.

Patentiert im Deutschen Reiche vom 30. April 1904 ab.

Fig. 1.

Vorliegende Erfindung hat eine Vorrichtung zum Gegenstande, durch welche die Annäherung bezw. Bewegung entfernter metallischer Gegenstände (Schiffe, Züge o. dgl.) mittels elektrischer Wellen einem Beobachter durch hör- oder sichtbare Signale gemeldet wird. Die Erfindung beruht auf der Eigenschaft der elektrischen Wellen, von Metallen reflektiert zu werden. Die elektrischen Wellen kommen hier indirekt zur Beeinflussung einer Signalvorrichtung. Verfahren und Vorrichtungen zum Sichten bezw. Benachrichtigen von Schiffen auf direktem Wege sind bekannt.

Denkt man sich Gebe- und Empfangsstation an einem Punkte so angeordnet, daß die von der ersteren ausgesendeten elektrischen Wellen die letztere direkt nicht in Tätigkeit setzen können, so müssen beim Ansprechen des Empfängers, falls keine fremde Quelle vorhanden ist, die Wellen des ebers von irgendwelchen metallischen Gegenständen reflektiert sein.

In der Zeichnung ist der Gegenstand der rfindung veranschaulicht, und zwar stellt Fig. 1 einen mit dem Apparat versehenen ampfer, welcher ein fremdes Schiff drahtlos htet.

Der Apparat be
losen Telegraphie,
station nur mit
sich an demselbe
ohne sich direkt
ein Fahrzeug,
kungen unterw
in Richtung
begrenzt und
im Umkreis
schen
sollen, so
in einer k
a b c unte
kugel
Betriebe
Primarst
findliche
z. B.
ein
ein
oder
kun
den
an
de



vanien (s. S. 409) hörte, wo die Schlagbohrmethode angewendet wurde, schickte er seinen besten Mitarbeiter hin und führte nach dessen Rückkehr 1862 das gleiche Verfahren (mit Handbetrieb) in seinem Betrieb ein. Oberbergrat Heinrich Walter, der 1862 nach Galizien kam, fand dort schon einige hundert mit der Hand gegrabene Schächte vor; Walter wendete noch im gleichen Jahr zu Bobrka bei Krosno erstmals die Seilbohrung an.

Im hannöverschen Erdölgebiet lagen die ersten Versuche, Erdöl zu gewinnen, ebenfalls vor Drakes berühmten Ölfund von Titusville. Der Geologieprofessor Georg Christian Konrad Hunaeus unternahm im Auftrag der Regierung von Hannover 1857 Untersuchungen auf abbauwürdige Kohlen-, Mergel-, Kalk-, Gips- und Salzlager und ließ in deren Verlauf bei Wietze, wo Taube anno 1769 seinen «Berg-Balsam» destilliert hatte, Hänigsen und Oedesse drei Bohrungen niederbringen. Teerkuhlen wurden dabei als Öl«ausbisse» erkannt: Hier trat Erdöl zu Tage. Auf der großen Wallmannschen Teerkuhle bei Wietze wurde am 25. April 1858 die erste Bohrung begonnen und nach der Winterpause im April des folgenden Jahres fortgesetzt. Bei einer Tiefe von 121 Fuß und 10 Zoll – rund 36 m – stieß der Bohrer auf einen Granitgeschiebeblock, der ein Weiterarbeiten unmöglich machte. Auf dem Teerkuhlengebiet bei Oedesse wurde man 1860 auf dickflüssiges Öl fündig, und beim Anfahren tertiärer Schichten in 109 Fuß Tiefe ergaben sich starke Gasentwicklungen. Das Öl war so flüssig, daß es in der mit Wasser gefüllten Röhre aufstieg und an der Oberfläche abgefüllt werden konnte. Aber auch hier kam es noch zu keinem Erfolg. Im November ereignete sich das Unglück, daß beim Aufholen des Schmantlöffels – so heißt der Ventilbohrer zum Aufholen des Bohrschlamms – das Förderseil aus Hanf riß. Das Bohrloch war jetzt 191 hannöversche Fuß (zu je 29,21 cm) tief. Alle Bemühungen, die Schlammbüchse wieder frei zu machen, scheiterten, und das Bohrloch mußte aufgegeben werden.

Am 21. Juli 1881 wurde zu Oelheim unweit Peine eine Ölbohrung in

VON DER ERSTEN PHOTOGRAPHIE ZU CINEMASCOPE: Oben die älteste Photographie, aufgenommen von Nicéphore Niepce 1826: Blick aus Niepces Arbeitszimmer in seinem Landhaus Gras bei Chalons-sur-Saône, Originalgröße 20 × 15 cm. Darunter links Kameras von Daguerre 1839, Steinheil 1839 und Voigtländer 1841 sowie der kinematographische Aufnahme- und Wiedergabe-Apparat der Brüder Lumière von 1895. Rechts eine Aufnahme der Münchner Frauenkirche von Steinheil und Franz v. Kobell (1839). – Im CinemaScope-Verfahren wird das bei der Aufnahme auf einen 35-mm-Normalfilm «zusammengepreßte» Bild (rechts) durch eine «Entzerrungslinse» «geweitet» (links) und vom Projektor auf die gewölbte Leinwand geworfen

nur 69 m Tiefe fündig – es war ein «Springer» von großer Ergiebigkeit. Aber in die Quelle drang Salzwasser ein und machte sie unbrauchbar. Ein im Zusammenhang mit diesen Bohrungen gegründetes Unternehmen endete mit einem Finanzkrach, der auf Jahre hinaus die Erdölsuche in Mißkredit brachte. Alsbald wurden aber dank der Initiative hanseatischer Kaufleute neue Versuche unternommen und die «Deutsche Petroleum-Bohrgesellschaft» gegründet, die eine Million Mark für Erdölbohrungen in der Lüneburger Heide aufbrachte. Ein neuer Aufschwung trat freilich erst um die Jahrhundertwende ein. Doch ergaben sich auch jetzt wieder starke Rückschläge und Mißerfolge. Das lag zum großen Teil an den damaligen irrigen Anschauungen der Geologie, die erst nach 1920 eine gründliche Wandlung erfuhren. Man wußte zwar, daß Erdölvorkommen vorzugsweise mit Salzdomen vergesellschaftet auftreten, und zwar am Rande gewisser Zechstein-Salzstöcke in aufgerichteten Jura- und Kreideschichten – es sind dies Ablagerungen aus dem Erdmittelalter. Aber man unterschätzte deren Tiefe und war im übrigen auf Vermutungen über die Erdölhöffigkeit angewiesen. Daher gab es viele kostspielige Fehlbohrungen.

Im Jahre 1908 wurde in Deutschland eine Förderung von 141 000 t Erdöl erreicht. Sie sank aber bis 1920 auf 34 000 t jährlich. Erst dann, als man sich zu Tiefbohrungen entschloß, stieg sie bis 1932 allmählich wieder auf 229 000 t. Jetzt kamen den Erdölgeologen die Geophysiker zu Hilfe, die in Deutschland verschiedenartige Aufschlußverfahren entwickelt hatten. 1934 begann die Geophysikalische Reichsaufnahme zu arbeiten, die dem Zweck diente, mit Hilfe verschiedener Schürfverfahren systematisch die nutzbaren Lagerstätten festzustellen. Nun war die Zeit der Bohrungen aufs Geratewohl vorbei. Für die Bestimmung von Erdölhöffigkeit wurden insbesondere Gravimetermessungen und seismische Methoden (mit künstlichen Erdbebenwellen) zu einem entscheidenden Faktor. Im Jahre 1932 waren in Deutschland acht Erdölfelder bekannt; durch die neuartigen Methoden wurden seit 1935 über 20 neue Erdölgebiete erschlossen; die Jahresförderung in der Bundesrepublik liegt jetzt bei über 4 Millionen Tonnen. Der Anteil Deutschlands an der Weltölproduktion ist aber mit weniger als einem halben Prozent trotzdem sehr bescheiden; das meiste Petroleum fördert die USA mit (1957) 352 Millionen Tonnen.

In Amerika sah es mit dem Beginn der Erdölgewinnung nicht viel anders aus als in Europa. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts stießen Salzgräber im Gebiet der Alleghanies anstatt auf die erhoffte gute Salzquelle auf Bitumen und ärgerten sich nicht wenig darüber, daß die Sole durch das Erdpech unbrauchbar wurde. Der Drogist Samuel Kier aus Tarentum unweit Pittsburgh am Alleghanyfluß machte 1857 bei der Suche

nach Salzquellen ähnliche Erfahrungen. Doch Mr. Kier ärgerte sich nicht, sondern befaßte sich eingehender mit dem eigentümlich riechenden Stoff; schon im gleichen Jahr brachte er fünf Gallonen (zu je 3,78 Liter) Petroleum nach New York in den Handel. Man konnte es nicht nur in Lampen brennen, sondern auch für medizinische Zwecke benutzen; besonders in dieser Richtung machte Kier für sein «Rock-Oil» Reklame. Die Werbung lohnte sich: Drei weitere Ladungen von insgesamt etwas mehr als 505 Gallonen in 12 Fässern folgten im gleichen Jahr 1857.

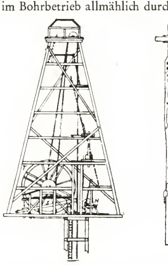
Kiers Reklame ließ den New Yorker Rechtsanwalt George H. Bissell aufhorchen. Hier schien ihm ein lohnendes Geschäft zu winken: Man mußte anstatt nach Salzquellen nach Erdöl bohren und es dann als Brennstoff verkaufen. Voller Unternehmungsgeist gründete Bissell die «Seneca Oil Company» und verpflichtete sich den ehemaligen Eisenbahnschaffner Edwin L. Drake zu Bohrversuchen bei Oil-Creek im westlichen Pennsylvanien, wo Erdöl in Ausbissen zu Tage trat. «Colonel» Drake (der Obersten-Titel wurde ihm nur aus – wie man heute so schön sagt – «optischen» Gründen beigelegt) machte sich im Mai 1858 an die Arbeit. Gemeinsam mit dem Salz-Bohrfachmann William Smith setzte er bei dem Dorfe Titusville in West-Pennsylvanien, in einem alten Salzgebiet, eine Bohrung an, die am 27. August 1859 bei einer Tiefe von 69½ Fuß – das sind rund 21 Meter – fündig wurde. Die dabei angewendete Bohrmethode war noch reichlich primitiv: ein Hanfseil und eine einfache Holzwinde waren die Hilfsmittel. Eine dunkle, dicke Flüssigkeit quoll aus der Tiefe über den Rand des Bohrlochs. Drake gewann hier rund 400 Gallonen täglich, und dieser glückliche Fund gab der amerikanischen Erdölindustrie den ersten Anstoß. Fünf Jahre später lieferte der Distrikt allein 2 Millionen Fässer (1 Faß etwa 1,5 Hektoliter) im Jahr, und innerhalb eines Jahrzehnts gab es in den Vereinigten Staaten eine organisierte Erdölindustrie. Die erste Rohrleitung für den Transport wurde 1865 mit rund 7 km Länge durch den Mechaniker Samuel van Syckle von den Ölquellen zu Burningsprings nach Parkersburg verlegt. Bis 1876 war Erdöl



Der erste Bohrturm in Amerika, erbaut von Drake und Smith 1859 am Oil-Creek bei Titusville in Pennsylvanien

in den Staaten Pennsylvania, New York, Ohio, West Virginia, Kentucky und Tennessee gewonnen worden; dann folgte die Erschließung der reichsten Vorkommen des Landes in Kalifornien. Der große «Oil-Boom» war im Kommen, überall wuchsen Bohrtürme aus der Erde – und allenthalben, wo man Erdölvorkommen vermutet oder fündig geworden ist, entstehen neue, heute sogar bis hinaus ins Meer.

Mit modernen Methoden erreichte man bei der Erdölsuche 1954 in den Vereinigten Staaten nahe Port Sulphur im Mississippi-Delta eine Tiefe von 6615 Metern. Es war jedoch ein langer Weg, bis man Bohrgeräte entwickelt hatte, mit denen derartige Rekorde möglich wurden. Bis etwa 1790 bestanden die Antriebsvorrichtungen des Bohrstücks überwiegend in der schon von Johann Christian Lehmann beschriebenen sogenannten Heblade, bei der das ganze Bohrgestänge mit Hilfe eines Hebels angehoben und dann wieder fallen gelassen wurde. Bei tieferen Bohrungen diente zum Gestängeziehen an Stelle des einfachen Zugseils der Flaschenzug oder die Handhaspel. Um 1820 traten an die Stelle der Hebladen und Dreiböcke (das waren auf drei Beinen montierte Bohrgestelle) Bohrhütten und von etwa 1830 ab Bohrtürme. Der Bergingenieur Karl Gotthelf Kind aus Freiberg benutzte schon um 1840 Bohrtürme von 20 m Höhe. Zum Einlassen und Aufholen des Gestänges dienten seit 1834 vorwiegend Aloë-Bandseile, die mittels Tretrad auf sogenannten Bobinentrommeln aufgewickelt wurden. Erst nach 1850 begann sich die Dampfmaschine im Bohrbetrieb allmählich durchzusetzen.



Bohrturm um 1840 nach Kind und das Freifallgerät von Kind (1846)

In den Jahren 1820 bis 1850 kam es zu entscheidenden Verbesserungen der Bohrtechnik; der Aufschwung des Bohrwesens in dieser Zeit ist in erster Linie das Verdienst deutscher Fachleute und eng mit der Entwicklung des Bergbaus verbunden. Ihnen ist unter anderem auch zu verdanken, daß das Bohren in hartem Gestein wesentlich erleichtert wurde.

In Erdreich und in «mildem» (weichem) Gestein arbeitet man mit drehendem Bohren. Dort, wo das Gestein fest ist, wird der Stoßbohrer angesetzt: Man läßt das schwere meißelförmige Bohrstück immer wieder fallen, wobei man es jedesmal um einen kleinen Winkelbetrag «um-

setzt». Das Stoßbohren mit einem durchgehenden bis zu Tage reichenden Gestänge – das ist die Verbindung zwischen Bohrstück und Bewegungsvorrichtung – war nur bei begrenzten Bohrlochtiefen anwendbar, da wegen des Gewichts des Bohrzeugs leicht Brüche eintraten. Eine einschneidende Verbesserung bedeutete deshalb die von Karl August Ludwig Freiherrn v. Oeynhausen im Jahre 1834 erfundene Rutschschere, die zuerst bei der damals 300 m tiefen Steinsalzbohrung Neusalzwerk (Bad Oeynhausen) angewendet wurde. Diese für das Bohrwesen umwälzend wirkende Einrichtung bestand darin, daß das Gestänge durch ein Zwischenstück, eben die Rutschschere, in zwei voneinander unabhängige Teile getrennt wurde: in das mit dem Meißelbohrer fest verbundene Untergestänge und das Obergestänge. Die Bohrung im Neusalzwerk konnte mit Hilfe dieser neuen Erfindung auf 700 Meter Tiefe gebracht werden. Der Bergingenieur Karl G. Kind verbesserte das Verfahren 1846 durch ein sogenanntes Freifallstück. Auch dieses ist ein zwischen Ober- und Untergestänge eingeschalteter Teil, der es ermöglicht, das aus einer Schwerstange und dem Bohrmeißel bestehende Fallstück im höchsten Punkt des Hubes abzuwerfen, so daß es frei fallen kann und dadurch seine Schlagkraft erhält. Ein weiterer Fortschritt gelang 1848 dem Oberbergrat Karl Leopold Fabian. Er konstruierte einen am Obergestänge befestigten Hohlzylinder, in dem sich das Fallstück des Untergestänges auf- und abbewegte; gewisse Nachteile der Kindschen Freifallmethode wurden auf diese Weise vermieden. An Fabians Todestag, am 14. März 1855, wurde in der Nähe von Schönebeck mit Hilfe seines Freifallstücks zum erstenmal Salz erbohrt. Mit diesen Geräten war es nun jedenfalls möglich, bis zu 1300 m Tiefe vorzudringen. Das Abbohren von ganzen Schichten wurde 1849 von Kind angegeben, der darauf im folgenden Jahre ein Patent erhielt, und in den 50er Jahren von dem belgischen Ingenieur Josef Chaudron zu einem erfolgreichen Verfahren für festes Gestein ausgebaut. Chaudron gebührt auch das Verdienst, 1854 den wasserdichten Abbau von Schächten – die sogenannte Cuvelage – mit eisernen Ringen erdacht zu haben. Der Genfer Uhrmacher George August Leschot schließlich erfand 1857 den mit Diamanten besetzten Kronbohrer, der sogleich bei den Arbeiten am Mont-Cenis-Tunnel verwendet wurde.

In die Zeit der rapiden Entwicklung der Bohrtechnik fällt auch eine äußerst wichtige Erfindung – die des uns heute als Selbstverständlichkeit erscheinenden Drahtseils durch den Clausthaler Oberbergrat W. A. Julius Albert im Jahre 1834. Die zunehmenden Teufen – so nennt der Bergmann die Tiefen, bis zu denen er vordringt – ließen die Frage nach einem geeigneten Förderseil immer brennender werden. Die schweren Eisenketten, wie man sie bis dahin seit alters benutzte, waren bei Schachtteufen bis

zu 400 m kaum noch zu verwenden, und aus Hanf geflochtene Förderseile waren einem zu starken Verschleiß ausgesetzt. Der Berghauptmann Friedrich Wilhelm Graf v. Reden hatte schon 1772 im Harzer Silberbergbau Versuche gemacht, zwischen Förderkorb und Kette ein kurzes Drahtseil von der Art einzuschalten, wie man es schon bei Blitzableitern verwendete. Sein Nachfolger im Amt, Albert, knüpfte an v. Redens Versuche an und suchte nun seinerseits den wachsenden Schwierigkeiten abzuhelfen, indem er verschiedene Verbesserungen erprobte. Zunächst ließ er konische Ketten anfertigen, um deren Eigengewicht zu verringern. Doch im Januar 1834 hat er dann in seinen Tagebüchern jene Grundgedanken niedergelegt, die zu einem allen Ansprüchen genügenden Drahtseil führen sollten. Alberts Idee bestand darin, Eisendrähte, die von gleicher Biegsamkeit und Biegefestigkeit waren, nach Art von Hanfseilen zu einer Litze zusammenzudrehen. Die Verbindung der Drähte geschah durch gegenseitigen Druck aufeinander; theoretisch konnte auf diese Weise eine Litze von beliebiger Länge hergestellt werden. Mehrere Litzen schließlich wurden mit oder ohne «Hanfseele» (ein Hanfseil im Innern) zum Drahtseil vereinigt. Das erste nach Alberts Anweisungen gefertigte Förderseil von 800 m Länge wurde am 27. Juli 1834 in dem 484 m tiefen Schacht der Grube Caroline bei Clausthal im Oberharz aufgelegt. Es bestand aus 3 Litzen zu je 4 Drähten von 3,5 mm Durchmesser. Ende 1836 waren bereits 13 Hauptschächte des Oberharzes und einer im Rammelsberg bei Goslar mit solchen Drahtseilen ausgerüstet. Und bis dahin waren auch schon 12251 Lachter (etwa 24500 m) Albertsche Drahtseile ins Ausland versandt worden. 1835 hielt das Drahtseil im Ruhrgebiet Einzug. Dann verbreitete es sich schnell in der ganzen Welt und ermöglichte damit erst die Entwicklung der heute üblichen geräumigen Förderkörbe. Der Wiener Mechaniker Franz Xaver Wurm konstruierte 1837 eine Maschine zur Herstellung von Drahtseilen, und 1840 wurde die Drahtseilfabrikation in größerem Umfange von der Kölner Firma Felten & Guilleaume aufgenommen, die 1857 eine eigene Drahtzieherei und zwei Jahre später ein Drahtwalzwerk errichtete. 1888 fabrizierte sie die ersten «verschlossenen» Drahtseile, deren äußere Drähte so profiliert sind, daß sie ineinandergreifen und eine geschlossene Oberfläche bilden; auf diese Weise wird vermieden, daß die Außendrähte zu stark verschleißen.

Die Bohrtechnik erfuhr weitere Ausgestaltung durch Fauvelles Erfindung des Spülbohrens im Jahre 1880: Durch das Bohrgestänge wurde ein Wasserstrom eingeleitet, der den beim Gesteinsbohren entstehenden Bohrstaub – den Bohrschmant – zutage förderte.

Anton Raky und insbesondere der österreichische Bohringenieur Albert Fauck haben um die Jahrhundertwende ein Rapidbohrsystem mit Spül-

bohrung entwickelt. Faucks Stoßkernbohrung war deshalb besonders wichtig, weil dabei die umgekehrte Spülung angewendet werden konnte wie bei jeder Art Schnellschlag-Spülbohrung mit steifem Hohlgestänge. Das Spülwasser wird durch das Gestänge und die Kanäle des Bohrmeißels auf die Bohrlochsohle geführt und steigt zwischen dem Hohlgestänge und den Schutzrohren wieder nach oben. Die angebohrten Kerne brechen von selbst durch die Erschütterung des Bohrens in kürzeren oder längeren Stücken ab und werden durch den Spülstrom automatisch nach oben gebracht und gewonnen.

Mit dieser Art von Bohrgeräten wurde seitdem auf deutschen und rumänischen Erdölfeldern gebohrt. Dieses System gestattete ein Vordringen bis zu 1400 m Teufe. Für darüber hinausgehende Tiefbohrungen benutzte man das Seilbohrverfahren. Die Chinesen kannten es schon vor tausend Jahren. Das Umsetzen (die Drehbewegung) des Bohrers erfolgt dabei selbsttätig dadurch, daß sich das Seil bei jedem Anheben des Bohrers aufdreht. Seit 1828 wurde das Seilbohren auch in Europa angewendet, dann vor allem aber auf Amerikas Erdölfeldern, hier allerdings mit schwerem Untergestänge und Dampfkraft. Abgelöst wurde es vom Rotaryverfahren, einem Drehbohrverfahren mit schrämender, d. h. tiefeinschneidender Wirkung und Wasserspülung. Von einem Österreicher namens Lukas erfunden, wurde dieses System in Amerika weiter ausgebildet und ist dort in der Erdölgewinnung zum bevorzugten System geworden. Hierbei wird mit schwerem Hohlgestänge gearbeitet, durch das die schwere Schlammspülung gepreßt wird. Das ist das Zementierverfahren: die Klüfte werden durch Einpressen von Zementmilch durch das Bohrloch geschlossen. Auf diese Weise werden die Bohrlochwände derart zementiert, daß viele hundert Meter unverrohrt vorgebohrt werden kann.

Vor ganz besondere Schwierigkeiten sah man sich beim «Abteufen» – dem Graben oder Bohren eines Schachtes – dort gestellt, wo man es mit «schwimmendem Gebirge» zu tun hatte, mit breiflüssigen Ablagerungen feinster Sand- oder Tonteilchen, die reich mit Wasser gesättigt waren Um diesem vom Bergmann gefürchteten «Fließ» wirksam zu begegnen, schlug 1883 der Ingenieur Friedrich Hermann Pötsch das Gefrierverfahren vor: der wasserreiche Gebirgskörper, in dem ein Schacht abzuteufen ist, wird dadurch zum Gefrieren gebracht, daß um den Schacht herum durch die wasserführenden Schichten hindurch eine Anzahl von Rohren eingesenkt und in diesen eine mittels Kältemaschine immer wieder stark abgekühlte Salzlösung durch eine Druckpumpe in Umlauf gesetzt wird. Mit Erfolg wurde dieses Verfahren erstmals 1883 bei Aschersleben und im gleichen Jahre auf der Grube Archibald bei Schneidlingen angewendet unter Benutzung einer Eismaschine nach dem System Carré.

Leicht steigen wir mit frohem Sinn
Die steile Fahrt hernieder,
Ein jeder geht zur Arbeit hin,
Es regt sich alles wieder.
Man hört des Pulvers Donnerknall,
Des Schlägels und des Eisens Schall,
Der Hunte Räderlauf:
Glück auf! Glück auf! Glück auf!

In diesem alten Lied lebt noch die ganze Romantik des Bergbaus vergangener Zeiten, in denen dem Hauer und dem Schlepper noch nicht die vielerlei technischen Hilfsmittel und Maschinen zur Verfügung standen wie dem Kumpel von heute. Wohl waren im 16. Jahrhundert schon gewaltige Wasser- und Kehrräder, Göpel und Kettenkünste in Gebrauch, aber wo der Bergmann einst mit Schlägel und Eisen, Keilhaue und Schrämstange das Erz tiefer im Schoß der Erde lösen und mit Fellsack und Karren («Hunten», «Hunden») ans Tageslicht fördern mußte, da helfen ihm jetzt Preßluft oder elektrisch betriebene Bohr- und Schrämmaschinen, und anstatt der «Fahrt» – der einfachen Leiter – und des Steigbaums benutzt er den mit 20 Meter je Sekunde fahrenden Förderkorb. Vielleicht steht «vor Ort» – dort, wo das Erz oder die Kohle abgebaut wird, auch der mechanisierte «Eiserne Bergmann», ein in den dreißiger Jahren entwickelter Schrämlader, der die kerbend-schneidend aus dem Kohlenstoß hereingewonnene Kohle automatisch zum Fördermittel, zum Hund oder zum Kettenband, transportiert, vielleicht sogar die modernste Anlage, der voll mechanisierte «Kohlenhobel», der die Kohle aus dem Flöz herausschält und mit dem Förderband wegführt (s. Tafel S. 54).

Seine eigentliche Technisierung hat der Bergbau erst im 19. Jahrhundert erfahren, nachdem der deutsche Bergbau mit der Gründung bergtechnischer Lehranstalten in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bahnbrechend in der theoretischen und praktischen Ausbildung der Berg- und Hüttenbeamten und -ingenieure geworden war. Die Bergakademie zu Freiberg in Sachsen wurde 1766 von Freiherr Anton v. Heinitz begründet, 1770 folgten Berlin und Schemnitz in Ungarn, 1775 Clausthal im Harz. Die Freiberger Akademie erlangte bald Weltruf durch den hier wirkenden Mineralogen und Geologen Abraham Gottlob Werner (1750–1817), aus dessen Schule so gut wie alle bedeutenden deutschen Bergbausachverständigen jener Zeit hervorgegangen sind, darunter auch der große Naturforscher Alexander v. Humboldt und Friedrich Wilhelm Graf v. Reden.

Den Auftakt zur Technisierung des Bergbaus gab die Dampfmaschine. Schon im 18. Jahrhundert wurde sie eingesetzt, zunächst allerdings nur für die Wasserhaltung, und natürlich zuerst in England (s. S. 151). Die ersten atmosphärischen Feuermaschinen, die man zu dem gleichen Zweck

auf dem Kontinent in Betrieb nahm, finden wir 1722 zu Königsberg in Ungarn und 1747 auf der Grube Königsgrube bei Schemnitz (ebenfalls in Ungarn), wo man Gold, Silber, Blei und Kupfer gewann; auf der Königsgrube waren noch 1773 drei Newcomen-Maschinen in Betrieb. Im deutschen Bergbau arbeitete eine Newcomen-Feuermaschine seit 1756 auf der Bleierzgrube Lintorf bei Düsseldorf. Watts Dampfmaschine spielte erstmals 1785 ihre Rolle auf dem König-Friedrich-Schacht in Burggörner bei Hettstedt im Mansfeldischen, wo man Kupfer- und Silbererze abbaute, 1788 auch in Tarnowitz, dem Mittelpunkt des oberschlesischen Blei- und Silbererzbergbaues. Als Fördermaschine fand die Dampfmaschine erst gegen Mitte des 19. Jahrhunderts allgemein Eingang. Franz Dinnendahl, Maschinenbauer und Industrieller in Hattingen war es, der mit ihr den Anfang machte. Nachdem 1801 in der Eschweiler Mulde des Aachener Gebiets auf der Rombergschen Zeche «Vollmond» eine Dampfmaschine Wattscher Bauart in Betrieb genommen worden war, erhielt Dinnendahl den Auftrag, eine gleichartige zu bauen, was mit zahlreichen Schwierigkeiten verknüpft war, von Dinnendahl aber gemeistert wurde. Die Maschine wurde 1803 auf der Zeche Wohlgemuth bei Essen zur Entwässerung in Tätigkeit gesetzt. Und 1811 baute er die erste Dampf-Fördermaschine für die Kohlen-Zechen Sälzer und Neuack unweit Essen. Hier im Ruhrgebiet entstand seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts der «Kohlenpott». Wenn man in Deutschland erst seit dieser Zeit von einem eigentlichen Kohlenbergbau sprechen kann, so bedeutet das keineswegs, daß nicht Kohle, insbesondere die Steinkohle, schon weit früher benutzt wurde. Im Ruhrgebiet war sie schon im 14. Jahrhundert bekannt. Die freie Reichsstadt Dortmund war schon gegen Ende des Mittelalters ein kultureller Mittelpunkt des Landes der Roten Erde. 1371 stehen in den Essener Stadtrechnungen nicht selten Ausgaben für Holz und Kohle. 1608 erließ Abt Conrad von Werden für sein Land Bergbaubestimmungen. Hier sowohl wie auch in einem Pachtvertrag über den Kohlenzehend vom 22. April 1614 sind bereits die Steinkohlen unterteilt in Brand-, Land-, Kalk- und Schmiedekohlen. Brandkohle bedeutet Hausbrand, Landkohle war eine schlechte bergreiche Kohle, und die Kalkkohle diente zum Kalkbrennen. Während des 30jährigen Krieges wurden unter brandenburgischer Herrschaft die Salinen von Werl und Unna zu Großabnehmern von Steinkohle. Von der Mitte des 17. Jahrhunderts an gingen auch Schmiedebetriebe und die Eisenindustrie zunehmend auf Steinkohlenbrand über, nachdem das Holz zu einer Mangelware zu werden drohte. So gewann im Laufe des 18. Jahrhunderts der deutsche Steinkohlenbergbau eine zunehmende Bedeutung, zunächst dort, wo Tagebau oder Stollenbetrieb möglich war wie im schlesischen Waldenburg, im Plauenschen Grunde bei Dresden, bei

Saarbrücken, bei Aachen und insbesondere auch im Tale der Ruhr. Ziegeleien, Messingwerke (bei Aachen), auch Salzsiedereien benutzten nunmehr die Kohle. Ja, die Salzsiederei gab um die Mitte des 18. Jahrhunderts den Anlaß dazu, daß in der Nähe von Halle die ersten Braunkohlengruben in Betrieb kamen, und zwar zur Versorgung der Salinen von Halle und Schönebeck. Da man beim Abbau der Kohle in immer größere Tiefen vordringen mußte und die «Roßkünste» meist nicht mehr genügten, um die Grubenwässer zu bewältigen, so wurde die Dampfmaschine zu einer Lebensbedingung für den Bergbau, worüber bereits auf Seite 415 berichtet worden ist.

Die Stadt Mülheim an der Ruhr war in der glücklichen Lage, größere Kohlenmengen auf dem Wasserwege exportieren zu können und errang so eine Vormachtstellung im Kohlenhandel: Um 1740 besaßen Mülheims Kohlenhändler nahezu ein Kohlenmonopol und nutzten es entsprechend aus. In kurzer Zeit stieg der Preis für 100 Gang Kohle von 27 auf 45 Taler. Bei Beginn der Industrialisierung konnte eine Weiterentwicklung und die Grundlagen für die Bildung eines einheitlichen Industriegebietes nur unter der Voraussetzung einer einheitlichen Verwaltung, Ende der Kleinstaaterei, Ausbau der Verkehrswege und Einsatz der Dampfmaschine im Bergbau zur Wasserhaltung erfolgen. Die ersten Dampfschiffe auf dem Rhein wurden ab Köln mit Ruhrkohle geheizt (ab 1816). Das Essen-Werdener Revier lieferte alle Kohlenarten und war um 1840 mit etwa 60% an der Kohlenausfuhr beteiligt.

Das in England seit Beginn des 18. Jahrhunderts bekannte Verfahren der Abschwefelung der Kohle (s. S. 165) wurde im Ruhrgebiet zuerst 1789 auf Wittener Zechen eingeführt. Der gewonnene Koks wurde an Siegerländer Eisenwerke verkauft. Seit 1847, mit Beginn des Eisenbahnverkehrs im Ruhrgebiet, wurde nahezu 90% der Kokserzeugung zur Lokomotivfeuerung verbraucht. Von 1860 an gingen die Eisenbahnen auf Kohlenfeuerung über. Die Brikettherstellung (briquettes – Preßling, also Preßkohle) geht auf eine Erfindung des Franzosen Marsais (1832) zurück. In Deutschland begann die Brikettproduktion erst 1861.

Nach 1850 begann der Ausbau der großen Steinkohlenreviere in Nordfrankreich, Belgien und in Deutschland, vor allem im Ruhr- und Saargebiet sowie in Oberschlesien. Mit zunehmenden Teufen wurden nun Dampf-Fördermaschinen zur Notwendigkeit.

Je wichtiger der Steinkohlenbergbau als Faktor industrieller Machtentfaltung wurde, desto dringender wurde auch das Bedürfnis, die Kohlenförderung mehr und mehr zu steigern. Vor allem galt es, die Arbeit von Hand zu mechanisieren. Das gelang durch die Verwendung von Preßluft als Treibmittel für Untertage-Maschinen und -Werkzeuge. Preß-

luft hatte die Vorteile, daß sie praktisch zu handhaben und vor allem in schlagwetterbedrohten Gruben keine zusätzliche Gefährdung mit sich brachte, sondern das einzig sichere Kraftübertragungsmittel war. Die Preßluft-Gesteinsbohrmaschine wurde zuerst am 3. November 1860 von Ingenieur Germano Sommeiller beim Bau des Mont-Cenis-Tunnels mit Erfolg eingesetzt; die Preßluft lieferte ein Sieverssscher Kompressor von der Frankfurter Maschinenfabrik A.G. Der gesamte 13 km lange Tunnel wurde mit Preßluftbohrern ausgehauen. Die neuartige Methode fand im Bergbau alsbald Eingang. Insbesondere in Amerika entwickelte man das Verfahren weiter, wo 1890 J. Mac Coy in New York die American Pneumatic Tool Company als erste ihrer Art gründete, die auch ganz Europa belieferte. In Deutschland widmete sich nach 1900 die Firma C. Oettling in Strehla dem Bau von Preßluftwerkzeugen. Alle möglichen Maschinen und Hilfswerkzeuge wurden mit Preßluft betrieben, so außer den Bohrmaschinen auch Abbauhämmer, Ventilatoren, Schrämmaschinen, Haspel und Schüttelrutschen.

Die Einführung des elektrischen Antriebes in den Bergbau erfolgte zögernd und schrittweise. Die frühen Ausführungsformen des Elektromotors und der zugehörigen Apparaturen waren zunächst für den Bergbaubetrieb ungeeignet – mit der Isolierung haperte es, und wenn ein Schalter oder Motor gar Funken riß, war dort, wo es schlagende Wetter gab, immer die Gefahr einer Explosionskatastrophe gegeben. Doch als Werner von Siemens 1879 seine erste elektrische Lokomotive gebaut hatte, dachte er sofort daran, sie auch für den Bergwerksbetrieb einzusetzen. Das geschah erstmals 1882 im Königlich Sächsischen Steinkohlenbergwerk Zaukeroda bei Dresden mit einer von Siemens & Halske gelieferten elektrischen Lokomotive nebst zugehörigem Dynamo. Die Leistung des Antriebsmotors betrug ungefähr 9 PS. Der Strom wurde an den Schienen durch Gleitkörper, die mit Rollen versehen waren, abgenommen und durch biegsame Leitungen dem Lokomotivmotor zugeführt. Das war der Anfang einer langsamen, aber stetigen Entwicklung. Noch im gleichen Jahre erhielt die Paulus-Hohenzollerngrube in Oberschlesien zwei elektrische Grubenlokomotiven, und ein Jahr darauf, 1883, wurde das Salzbergwerk Neustaßfurt als erstes Kaliwerk auf elektrischen Lokomotivbetrieb umgestellt.

Die Elektrifizierung von sonstigen Arbeitsmaschinen im Bergbau begann langsam zu Anfang der 90er Jahre. Man hatte eben im schlagwettergefährdeten Kohlenbergbau doch recht ernste Bedenken. Aber dann machte die 1894 in Betrieb kommende Eisenerzzeche Hollertszug bei Kirchen an der Sieg (hier gab es keine explosiblen Gase!) den Anfang mit einer elektrisch betriebenen Fördermaschine. Diese unter Tage stehende Förder-

anlage war für eine Nutzlast von 1000 kg je Zug bei 6 Meter je Sekunde größter Fördergeschwindigkeit und 240 m Teufe aufgeführt. Dieselbe Maschine versorgte noch zwei weitere Gleichstromdynamos zum Antrieb einer Wasserhaltung, eines Luftkompressors und eines Ventilators, sowie eine kleine Grubenbahn und lieferte außerdem elektrische Beleuchtung über und unter Tage.

Mit der Drehstromkraftübertragung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt am Main anläßlich der Elektrotechnischen Ausstellung 1891 (s. S. 282) wurde auch für die Nutzbarmachung der Elektrizität im Bergbau ein neuer Zeitabschnitt eingeleitet. Die AEG und Siemens & Halske entwickelten in den folgenden Jahren den Drehstrommotor zu einem für Bergwerksmaschinen brauchbaren Antrieb. Im Jahre 1902 wurden die ersten Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen unter Tage ausgearbeitet, die 1926 auf Grund langjähriger Erfahrungen und Versuche ihre endgültige Form erhielten. Der Antrieb von Wasserhaltungsanlagen, Pumpwerken, Schachtförder- und Bohrmaschinen erfolgte nunmehr bald fast ausschließlich elektrisch. Schon kurz vor dem ersten Weltkrieg kam dann auch die elektrische Grubenlampe auf.

Während in der vor- und frühgeschichtlichen Zeit das «Geleuchte» des Bergmanns der Kienspan oder die Fackel aus Holzspänen war, benutzte er später offene oder geschlossene Tranlampen sowie Kerzen; im deutschen Erzbergbau des Mittelalters wurde die «Froschlampe» genannte einfache Grubenlampe mit Ölflämmchen üblich. Und zu Beginn des 19. Jahrhunderts waren im sächsischen Silberbergbau um Freiberg kleine Blendlaternen in Gebrauch, die an einem Riemen um den Hals getragen wurden. Zur Speisung der verschiedenen Grubenlampen verwendete man Tran, Talg, Rüböl, da und dort auch Steinöl, also Petroleum, später außerdem Karbid. Aber das war im Kohlenbergbau sehr gefährlich.

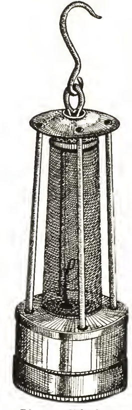
Diese offenen Grubenlampen konnten nämlich leicht Schlagwetterexplosionen verursachen. Denn die Belüftung der Gruben, die «Bewetterung», genügte nicht, um die Gefahren zu bannen, die in Kohlengruben besonders von den Grubengasen drohten. Nicht selten kamen durch schlagende Wetter Dutzende, ja Hunderte von Bergleuten ums Leben. So war es auch zu Anfang des 19. Jahrhunderts: Bei Felling in England waren 100 Bergknappen einer Explosion zum Opfer gefallen. Jetzt mußte etwas geschehen! Ein Komitee von Minenbesitzern wandte sich hilfesuchend an zwei berühmte Männer, an den bedeutenden Chemiker Sir Humphry Davy und an den Lokomotivbauer George Stephenson. Beide gingen sofort an die Arbeit mit dem Ziel, eine explosionssichere Grubenlampe zu schaffen. Davy knüpfte an eine von ihm beobachtete Tatsache an: Flammen breiten sich nur sehr schwer durch engmaschige Netze hindurch aus. Wollte man

vermeiden, daß sich die explosiblen Grubengase entzündeten, so mußte also genügen, wenn man die Flamme der Grubenlampe mit einem feinmaschigen metallischen Gewebe umgab. Und so konstruierte Davy 1815 seine bekannte Sicherheitslampe: Ein Öllicht, über dessen runden Topf und Brenner ein Drahtnetzzylinder gestülpt wurde. Er nahm auf diese Erfindung kein Patent, mit der schlichten Begründung: «Mein einziger Ehrgeiz ist es, der Menschheit zu dienen. Wenn man meint, daß ich darin Erfolg gehabt habe, so fühle ich mich reichlich belohnt durch das Bewußtsein, meinen Mitmenschen eine Wohltat erwiesen zu haben.»

George Stephenson hatte sich gleichzeitig mit dem Problem einer Sicherheitslampe beschäftigt. Seine Konstruktion besaß kein Drahtnetz, sondern zunächst einen durchlöcherten Blechzylinder, den er dann durch zwei mit zahlreichen feinen Löchern versehene Metallplatten ersetzte. Die gewünschte Wirkung war die gleiche wie bei Davys Konstruktion; durchgesetzt hat sich zunächst Davys Grubenlampe.

Die Sicherheitslampe hat den Vorzug, daß sie anzeigt, wenn die Grubenluft explosible Gase enthält. Dann verlängert sich nämlich die Flamme und wird bläulich; sie zeigt eine «Aureole» und warnt so den Bergmann. Damit wirkt sie also zugleich als Schlagwetteranzeiger, sie kann aber auch Anlaß zu einer Schlagwetterkatastrophe werden – dann, wenn Grubengas in das Drahtnetz eindringt. In diesem Fall entzündet sich das Gas zwar nicht außerhalb der Lampe, es kann aber innen das Drahtnetz stark erhitzen und gar zum Glühen bringen – und das glühende Drahtnetz reicht natürlich aus, auch das Gasgemisch um die Lampe und damit im Stollen zur Explosion zu bringen. Die Stephensonsche Sicherheitslampe hatte demgegenüber einen Vorteil: Sie erlosch, sobald sie in eine Knallgasmischung geriet – es konnte nicht zur Schlagwetterexplosion kommen.

Die Sicherheitsgrubenlampe wurde in der Folgezeit verschiedentlich verbessert. 1884 erfand C. Wolf in Zwickau eine Benzinsicherheitslampe mit einer Zündvorrichtung im Inneren; diese Lampe dient noch heute zum Erkennen von Grubengasen. Um 1912 konstruierte Wolf auch eine elektrische Sicherheitslampe, die allerdings nicht das Vorhandensein von schlagenden Wettern anzuzeigen vermochte. Doch schon ein Jahr später war auch dies Problem gelöst: Der Oberingenieur Fritz Färber gewann 1913 mit seiner elektrischen Grubenlampe ein Preisausschreiben englischer Kohlengruben. Unter 195 eingereichten Konstruktionen war seine die beste. Noch im gleichen Jahr nahm Färber ein deutsches Reichspatent auf seine «elektrische Grubensicherheitslampe, bei der als Schlagwetteranzeiger eine kleine, durch Benzin, Alkohol, Wasserstoff oder dergleichen gespeiste Lampe eingebaut ist, deren Zündung durch Herausziehen oder Drehung eines Bolzens erfolgt». Der englische Elektrotechniker William M. Thorn-



Die erste Sicherheitsgrubenlampe von Davy

ton entwickelte 1933 nach langen Versuchen eine neuartige elektrische Grubenlampe mit Schlagwetteranzeiger. Die Arbeitsweise beruht darauf, daß der Gasgehalt nach dem Unterschied der Helligkeit zweier Halbkreisflächen abgeschätzt wird, von denen die eine durch ein kleines Lämpchen – das «Standardlämpchen» – und die andere durch das Licht eines von der Außenluft umspülten Glühdrahtes erhellt wird. Dieser Glühdraht, der aus Platin oder Wolfram gefertigt ist, erglüht bei Gegenwart von Grubengasen zunehmend stärker.

Salz war von jeher für den Menschen ein notwendiger Bedarfsartikel. Als Kochsalz und zur Konservierung von Nahrungsmitteln war es unentbehrlich. Der vorgeschichtliche Mensch, der schon zur Mittelsteinzeit regelrechten Bergbau auf Feuersteinknollen betrieb (s. S. 25), verstand es spätestens zur Latènezeit, wahrscheinlich schon zur Hallstattzeit, auch in mühevoller Grubenarbeit festes Steinsalz zutage zu fördern. Das geschah am Hallstätter Salzberg, der im ersten vorchristlichen Jahrtausend von einem illyrischen Volkssplitter besiedelt worden ist. Im Quellgebiet von Reichenhall wurde bereits zur gleichen Zeit Salz auch schon aus Salzsole gewonnen. Der Salzbergbau bei Hallein blühte bis nach der Römerzeit. Besonders berühmt wurde das Salzbergwerk zu Wieliczka südöstlich von Krakau, das schon 1044 in einem Salzprivilegium des Königs Kasimir I. von Polen erwähnt wird. Der Berchtesgadener Salzbergbau wird zuerst 1150 urkundlich erwähnt. Und schon für 1568 ist das erste Gradierwerk (mit Stroh) zwecks Reinigung und Vorkonzentration der Salzsole zu Sulza bezeugt.

Als jüngster Zweig des Bergbaues ist die Kaliindustrie anzusehen. Die erste Gewinnung von Kalisalzen, deren Wert als Düngemittel man freilich erst später erkannte, ist mit dem mitteldeutschen Städtchen Staßfurt verknüpft. Nach der Überlieferung sind in dieser Gegend, und zwar auf dem Gelände der alten wendischen Niederlassung Wendelitz zuerst in der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts von durchreisenden Bergleuten Solbrunnen gegraben worden. Die gewonnene Sole wurde wie von alters

her in primitiver Form in kleinen Siedehäusern, genannt Salzkoten, verarbeitet. In der Neuzeit wurde bei Staßfurt die Sole durch Pferdegöpel gefördert und den Salinen zugeführt. Die Blütezeit dieser Anlage begann, als die Saline in den Besitz der Kirche (Erzstift Magdeburg) überging, da die Kirche ein Interesse daran hatte, durch den Salzhandel ihre Einkünfte zu vermehren. Der 30jährige Krieg unterbrach diese Entwicklung.

Bei einer Solquellenbohrung auf der Saline bei Artern wurde dann erstmals die Bohrtechnik in größerem Umfange angewendet, wo in 330 m Tiefe festes Steinsalz angetroffen wurde (1831–1837). Im Jahre 1839 begann man zu Staßfurt eine Tiefbohrung, die wegen der noch recht primitiven Methode 12 Jahre in Anspruch nahm und bei 259 m Tiefe das Steinsalz anschnitt. Sie wurde bei 581 m Tiefe eingestellt, ohne das Liegende des Salzstockes erreicht zu haben. Man fand aber stellenweise ein durch bittere Kali- und Magnesiumsalze «verunreinigtes» Steinsalz, das man nicht als Speisesalz verwenden konnte. Daraufhin entschloß man sich, das bis dahin übliche Verfahren des Aussolens, d. h. das Einpumpen von Wasser und Heraufpumpen der so gewonnenen Sole, aufzugeben und das Steinsalz nach bergbaulichen Methoden abzubauen. Der erste Schacht auf dem Werkplatz der alten Staßfurter Saline, der Von-der-Heydt-Schacht, wurde am 4. Dezember 1851 begonnen. Dies ist der Geburtstag des deutschen Kalibergbaues, der in der Folge weltwirtschaftliche Bedeutung gewann, nachdem Kali als wertvolles Düngemittel erkannt worden war. Den Anlaß dazu gaben Justus v. Liebigs Forschungen über die Mineraldüngung. Dem Chemiker Adolf Frank ist das Verfahren, das Kali in einer für Düngezwecke geeigneten Form fabrikatorisch zu verarbeiten, zu verdanken. Er nahm darauf 1861 ein Patent.

Kalisalze wurden dann insbesondere auch bei Halle, am Südharz und im Gebiet um Hannover gewonnen und waren bis 1919 ein natürliches deutsches Monopol. Bei Hannover erfolgte die erste Tiefbohrung auf Kali im Jahre 1895, und zwar durch den Tiefbohrunternehmer Gustav Dehnhardt im Gebiete des Benther Berges. Erst bei der dritten Bohrung, 600 m östlich von Erichsdorf, wurde 1897 Steinsalz und Kalisalz in einer Teufe von 660–668 m erbohrt. Aus kleinen Anfängen entstand so in wachsendem Maße, und nach 1900 stürmisch vorangetrieben, eine neue große Bergbau- und chemische Industrie. Gab es 1852 nur vier Kalischächte, so waren es 1910 bereits 68, und 20 Jahre später 230. Die Abbautätigkeit auf Kali nahm allmählich einen solchen Umfang an, daß 1905 eine Mutsperre auf Kalisalze eingeführt und zwei Jahre später die Bergfreiheit für diese Mineralien zugunsten des Staates aufgehoben wurde.

Das deutsche Monopol wurde gebrochen, als nach dem ersten Weltkriege die Franzosen aus den besonders kalireichen oberelsässischen Lagern eine

eigene Kaliindustrie entwickelten. Damit war die Blütezeit des deutschen Kalibergbaues vorbei.

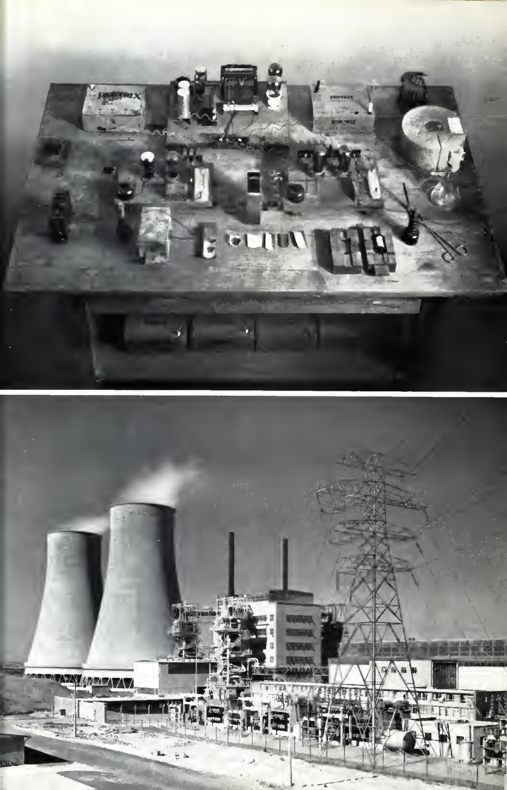
Kautschuk und Kunststoffe

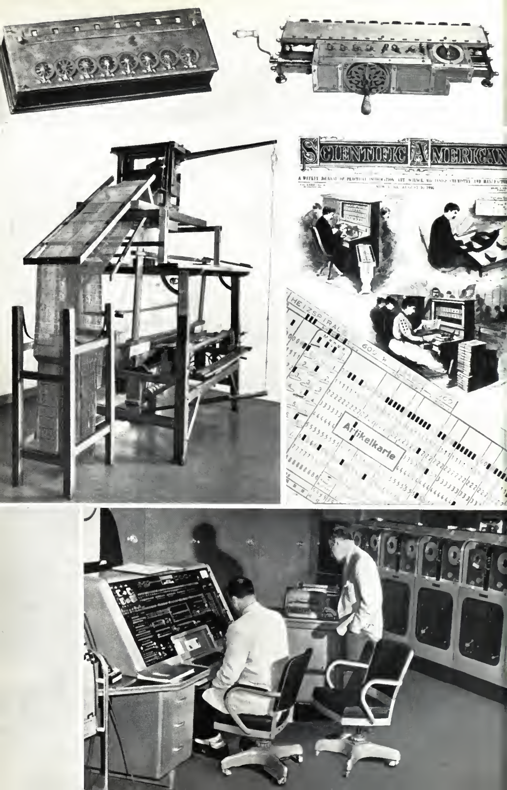
Als die spanischen Eroberer in Südamerika eindrangen, fielen ihnen unter dem vielen Neuen, das sie zu sehen bekamen, auch Spielbälle auf, schwarzgraue Kugeln, die aus einem den Europäern unbekannten Material gefertigt waren und eine erstaunliche Elastizität zeigten: Diese Bälle sprangen, wenn man sie auf den Boden warf, immer wieder in die Höhe. Solche merkwürdigen Spielbälle sahen zum Beispiel jene Spanier, die Kolumbus auf seiner zweiten Reise (1493–96) begleiteten, auf Haiti; und Gonzalo Fernandez de Oviedo y Valdés (1513) sowie Pietro Martyre d'Anghiera (1521) lieferten die ersten Berichte über das Ballspiel der Indianer, das in Mexiko bei den Azteken, in Guatemala und Yukatan bei den Maya seit alters zu kultischen Zwecken betrieben wurde und ein religiöser «Sport» der bevorzugten Kaste war. Archäologische Arbeiten brachten in Britisch-Honduras einen Ballspielplatz der Maya ans Tageslicht sowie «Batos», Kautschukbälle in der Größe von Fußbällen, auch diese kultische Gegenstände.

Woraus diese «springenden Bälle» bestanden, erfuhr man in Europa erstmals durch Juan de Torquemada. Wie er 1615 berichtete, gewannen die Eingeborenen Mexikos aus dem Milchsaft eines «Ulquahuitl» genannten Baumes ein als «Ulli» bezeichnetes Produkt. In den Baum wurden mit dem Messer schräglaufende Einschnitte gemacht, den herausquellenden Milchsaft fingen die Indianer mit Gefäßen auf. Den so gewonnenen Saft kochten sie in heißem Wasser und formten daraus ihre Bälle, fertigten außerdem aber auch wasserdichte Schuhe und Kleidungsstücke durch Imprägnieren mit dem «Harz», das der Milchsaft lieferte. Die Spanier wollten es den Indianern nachtun; sie versuchten, wie Torquemada schreibt, mit diesem Stoff ihre Mäntel regendicht zu machen, was aber «wegen der starken Sonnenstrahlung und der Hitze» ohne Erfolg blieb – man kann sich vorstellen, wie das merkwürdige «Harz» klebte!

In Europa blieben diese Berichte zunächst unbeachtet. Das Interesse

KERNENERGIE 1938–1956: Oben der Arbeitstisch, an dem Otto Hahn im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem die Spaltung des Uran-Atoms entdeckt hat. Unten Calder Hall, das erste durch Atomenergie betriebene Großkraftwerk




SCIENTIFIC AMERICAN
HEIZSPIRALE
Artikelkarte

wurde jedoch geweckt, als Charles de la Condamine, der 1735 bis 1743 im Auftrag der Pariser Akademie der Wissenschaften in Südamerika Vermessungsarbeiten zur Feststellung der wahren Erdgestalt vorgenommen hatte, erneut auf den eigenartigen «Baumsaft» aufmerksam machte. In den Urwäldern des heutigen Ecuador sah Condamine, wie die Indianer den Saft gewannen und ihn verarbeiteten, und bei den Maina hörte er auch den Namen des Stoffes: «Cahutschu» – daher also kommt das Wort Kautschuk! Die Maina-Indianer stellten Flaschen daraus her. Der französische Gelehrte verwendete «Cahutschu» dazu, seine Kleider und das Tuch, das zum Bedecken seiner Meßinstrumente diente, wasserdicht zu machen, was im ständig tropfnassen Regenwald der Tropen sehr willkommen war. Am oberen Amazonas, bei den Omagua, lernte er außer Flaschen, Schuhen und imprägnierten Kleidungsstücken auch birnenförmige Kautschukflaschen kennen, in deren Öffnung eine Kanüle eingesetzt war – sie dienten als Klistiere! Auch in der Gegend von Parà, dem späteren Handelszentrum für Kautschuk, fand Condamine das «elastische Harz», das «fließende Holz» verwendet. Im Jahre 1744 lernte er in der Kolonie Cayenne den Ingenieur François Fresneau kennen, der aus Brasilien eingeführte Gegenstände aus Kautschuk gesehen und von dem geheimnisvollen Kautschukbaum gehört hatte. Drei Jahre später suchte Fresneau mit Hilfe von Indianern in Cayenne nach solchen Bäumen; im Gebiet der Cussari-Indianer am Matarumfluß fand er reiche Bestände. Wollten die Indianer, so schrieb Fresneau in seinem 1751 von der Pariser Akademie der Wissenschaften veröffentlichten Bericht, den Saft zu Geräten verarbeiten, so stellten sie zuerst aus feuchtem Ton eine entsprechende Form her. Um diese bequem handhaben zu können, steckten sie an einer Stelle, die nachher nicht mit dem Saft überzogen werden sollte, ein Stück Holz hinein. So blieb in dem Überzug ein Loch, aus dem sich dann der mit Wasser wieder aufgeweichte Ton herausschlemmen ließ. Fresneau schildert weiter, wie die fertige Form mit dem Milchsaft überzogen und über stark rauchendem Feuer getrocknet wurde, damit der Überzug seine Klebrigkeit verlor. Dies wurde so oft wiederholt, bis

VON DER RECHENMASCHINE ZUM ELEKTRONENGEHIRN: Oben die Rechenmaschine von Pascal (1645, links) und Leibniz (1673, rechts). Darunter links ein Jacquard-Webstuhl, dessen gelochte Karte das «Programm» des webenden Musters enthält. Die Lochkarte hat sich für die Statistik erstmals bewährt mit der Hollerithmaschine bei der Volkszählung 1890 in den USA (Mitte rechts). Unter dem Bildbericht aus «Scientific American» vom 30. 8. 1890 eine moderne Lochkarte, wie sie heute für Technik, Wirtschaft und Wissenschaft unentbehrlich geworden ist. Ganz unten eine moderne Elektronen-Großrechenanlage

die gewünschte Gefäßdicke erreicht war. Fresneau hat auch seine Gedanken über die Verwendungsmöglichkeiten des Kautschuks geäußert: Man könne damit Gewebe wasserdicht machen sowie Taucheranzüge, Schläuche und luftdichte Säcke herstellen (etwa zur Aufbewahrung von Zwieback).

De la Condamine und Fresneau machten mit dem neu entdeckten Rohstoff Versuche; sie fanden, daß er in Wasser und Alkohol unlöslich war und daß er beim Erwärmen weich wird. Das Auflösen glückte Fresneau durch Behandlung mit warmem Nußöl, und durch Abreiben mit «Wismuth-Weiß-Asche» – damals als Schönheitsmittel gebräuchlich – oder auch mit Staub konnte er die sehr lästige Eigenschaft des Klebens beseitigen.

Nach Frankreich zurückgekehrt, befaßte sich Fresneau weiterhin eifrig mit dem Rohkautschuk; 1763 fand er im Terpentin ein geeignetes Lösungsmittel, und fünf Jahre später gelang es dem französischen Chemiker Pierre Joseph Macquer, Kautschuk auch in Äther löslich zu machen. Zugleich entwickelte Macquer sein Verfahren zur Herstellung von Kathetern durch Bestreichen von Wachszylindern mit ätherischer Kautschuklösung und nachherigem Herausschmelzen des Wachses in heißem Wasser. Diese Katheterröhrchen sind Vorläufer unserer heutigen Gummischläuche. Von diesen – auch in der Form des Feuerwehrschlauches – ist jedoch erstmals im Jahre 1827 die Rede.

Eine frühe Verwendung fand der Kautschuk als Radiergummi. Zuvor benutzte man zum Auswischen von Bleistiftstrichen Brotkrume, die schon um 1400 Cennini als für diesen Zweck geeignet nennt. Auf die entsprechende Eigenschaft des Kautschuks hatte zuerst der englische Chemiker Joseph Priestley (der Entdecker des Sauerstoffs und der Kohlensäure) im Jahre 1770 öffentlich aufmerksam gemacht. Kennengelernt hatte Priestley diese besondere Eigenart des Kautschuks bei dem Instrumentenmacher Edward Nairne, der bereits seit einigen Jahren Kautschukwürfel als Radiergummi zu 3 Schilling das Stück verkaufte; der englische Name «India rubber» für den Gummi stammt aus dieser Zeit. In Frankreich kamen Radiergummis 1775 unter dem Namen «peau de nègre» (wegen ihrer schwarzen Farbe) in den Handel. Allerdings kostete ein Stück mit einer Seitenlänge von 1/2 Zoll (kaum mehr als 12 mm) 4 Francs!

Um diese Zeit beschäftigten sich vor allem zwei Chemiker mit dem Kautschuk: Franz Karl Achard in Berlin (1777) und der Holländer Arnold Juliaans (1780). Achard stellte als erster regelrechte Zugversuche an und führte die trockene Destillation des Kautschuks durch. Und nun kam es zu den ersten praktischen Anwendungen: Schon die «Charlière», der erste Gasballon, der am 27. August 1783 in Paris aufstieg, war aus

Taft angefertigt, den man mit Kautschuklösung überzogen hatte. Diese Art der Ballonstoffimprägnierung erwies sich auch in der Folge als besonders gut geeignet.

Im Jahre 1791 ließ sich ein gewisser Samuel Peal in England ein Verfahren zum Imprägnieren von Stoffen mit Kautschuk patentieren; ein ähnliches Patent erhielt 1801 der in London wirkende Industrielle und Kunstmäzen Rudolf Ackermann. Doch gelang es erst dem schottischen Chemiker Charles Macintosh (1766–1843), den Kautschuk in großem Maßstab als Imprägnierungsmittel in die Bekleidungsindustrie einzuführen. Sein Name ist in England als Bezeichnung für den Regenmantel lebendig geblieben. Macintosh löste Kautschukabfälle in Naphtha auf und erhielt so eine Masse, die nicht klebrig war; 1823 wurde ihm sein Verfahren patentiert. Das gleiche Ziel verfolgte sein Fachgenosse Thomas Hancock (1786–1865), dem erstmals die Umwandlung des Rohkautschuks in eine plastische Masse gelang. Dieses 1825 in England patentierte Verfahren wurde von epochemachender Bedeutung, denn die Herstellung von knetbarem Material, die sogenannte Mastikation, wurde der Ausgangspunkt für die Kautschukwarenproduktion. Der «mastizierte» plastische Kautschuk ließ sich nicht nur leicht in Matrizen pressen und verarbeiten, sondern auch recht gut mit Naphtha auflösen. Hancock fertigte unter anderem auch Gummibänder für «Schnürbrüste» und Binden. Als er später zur Fabrikation von Regenmänteln überging, nahm ihn Macintosh, der die Vorzüge von Hancocks Erfindung sogleich erkannt hatte, als Teilhaber in sein Unternehmen auf.

Macintoshs Produkte hatten jedoch einen großen Nachteil: Sie waren wärmeempfindlich – bei Hitze begann der Kautschuk zu schmelzen (das hatten ja schon die Spanier anfangs des 17. Jahrhunderts in Mexiko erlebt). Hier schaffte erst eine weitere Erfindung Wandel: das Vulkanisieren. Man versteht darunter die Behandlung des Kautschuks mit Schwefel oder Schwefelverbindungen; der Kautschuk verliert dadurch seine Klebrigkeit und erhält gleichzeitig – je nach Art und Grad der Vulkanisation – die gewünschte Elastizität und Festigkeit. Das Vulkanisieren ist eine Erfindung des Amerikaners Charles Nelson Goodyear (1800–60) aus dem Jahre 1839. Aber auch er hat schon Vorläufer gehabt: Der Berliner Ökonomrat Friedrich Wilhelm Lüdersdorf und der Amerikaner Nathanael Hayward, Leiter einer Kautschuk-Gesellschaft, erzielten etwa gleichzeitig (1832) eine schwache Oberflächenvulkanisation. Hayward war es gelungen, durch Beimengen von Schwefel in Lösung beziehungsweise durch Einpudern der Oberfläche mit Schwefelpulver dem Kautschuk seine Klebrigkeit zu nehmen. Das Verfahren, «Solarisation» genannt, bewährte sich jedoch nur bei dünnen Streifen und führte im übrigen zu Mißerfolgen.

Erst Goodyear, der 1838 Haywards Bekanntschaft machte, vermochte in langjähriger Arbeit und unter schweren finanziellen Opfern eine befriedigende Methode zu entwickeln. Goodyear, in der Metallwarenhandlung seines Vaters tätig, hatte sich schon in früher Jugend für den Kautschuk interessiert. Jahrelang experimentierte er mit diesem eigenartigen Stoff, immer wieder glaubte der vom Unglück verfolgte Mann am Ziel zu sein: ein technisch brauchbares Produkt herstellen zu können; immer wieder gab es schwere Rückschläge. Mehrmals stand er am Rand des Ruins. So war es zum Beispiel, als eine Fabrik in Woburn (Massachusetts), an der Goodyear und Hayward beteiligt waren, einen Auftrag auf wasserdichte Postsäcke annahm und ausführte, die ganze Lieferung aber zu einer formlosen Masse verdarb. Auch sonst kamen von den Abnehmern Klagen über Klagen, und Goodyear erlitt schwere finanzielle Verluste. Doch dann, im Jahre 1839, kam der glückliche Zufall: Es fiel ihm auf, daß Kautschukmuster von den unbrauchbar gewordenen Postsäcken unter der Einwirkung großer Hitze nicht weiter schmolzen, sondern ähnlich wie Leder verkohlten, daß aber am Rande der verkohlten Masse ein nicht zerstörter, völlig umgewandelter und vor allem haltbar gewordener Streifen entstanden war. Dadurch, daß er das Schwefel-Kautschuk-Gemenge der Einwirkung von Dampf aussetzte, erhielt Goodyear endlich eine Masse, die die gewünschten Eigenschaften aufwies. Wirtschaftliche Schwierigkeiten verzögerten jedoch die weitere Ausgestaltung des Verfahrens, auf das er erst 1844 ein amerikanisches Patent erwarb. Aber dennoch: Die Heißvulkanisation war erfunden, es schien alles gerettet zu sein, und Goodyear übertrug seinem Mitarbeiter Hayward 1841 das Ausnutzungsrecht für die Herstellung von Schuhen und Stiefeln aus Kautschuk und von Geweben.

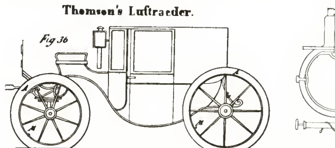
Inzwischen war ihm aber in England in Thomas Hancock ein Konkurrent erwachsen, der ebenfalls ein Schwefelverfahren entwickelt hatte und zu alledem Goodyear mit seinem englischen Patent von 1843 auch noch um ein Jahr zuvorgekommen war. Hancock war freilich nicht selbständig auf sein Patent gekommen: Im Jahre 1841 hatte er durch einen Agenten von Goodyear herrührende Kautschukproben erhalten, die eine weiße Ausblühung aufwiesen – Hancock erkannte diese Ausblühung richtig als Schwefel. Es kam jedenfalls zu einem Patentprozeß zwischen Goodyear und Hancock, der zu Goodyears Gunsten entschieden wurde. Doch selbst das war ein Pyrrhussieg, da der Prozeß und die fortdauernden Experimente mehr Geld verschlangen, als Goodyear verdiente. Im Jahre 1848 kam er mit dem Hartgummi «Ebonit» heraus; dieses Ebonit hatte einen höheren Schwefelgehalt, war hart und polierbar, konnte also Holz und Metall ersetzen. Auf der Londoner Weltausstellung 1851 zeigte Good-

year einen Saal, in dem das Mobiliar sowie die gesamte übrige Einrichtung ausschließlich aus Ebonit bestanden. Noch besser waren seine Hartgummiprodukte vier Jahre später auf der Pariser Weltausstellung vertreten. Aber das Unglück wich nicht: Wiederum waren die Unkosten größer als die wirtschaftlichen Erfolge, und Goodyear lernte nach den amerikanischen Schuldgefängnissen auch das von Clichy kennen. Immerhin mag es ihm wenigstens ein Trost gewesen sein, daß Napoleon III. ihm in seiner Zelle eine Ehrenmedaille – die höchste Auszeichnung der Ausstellung – und das Kreuz der Ehrenlegion überreichen ließ. Bei seinem Tode im Jahre 1860 hinterließ Goodyear seiner Familie nichts als Schulden, obwohl schon damals, dank seiner Erfindung, der jährliche Kautschukumsatz in den Vereinigten Staaten von Amerika einen Wert von 4 bis 5 Millionen Dollar erreicht hatte und die Kautschukindustrie ungefähr 10 000 Arbeiter beschäftigte. Charakteristisch für die Einstellung dieses Idealisten ist der Satz, den er einmal geschrieben hat: «Es gibt vielleicht keine andere träge Substanz, deren Eigenschaften im menschlichen Geist gleich viel Neugierde, Überraschung und Bewunderung erwecken. Wer kann sie untersuchen und über die Eigenschaften des elastischen Gummis nachdenken, ohne die Weisheit des Schöpfers zu verehren?»

Zwei gebürtige Hamburger, H. C. Meyer und Poppenhusen, waren es, die 1851 in New York von Goodyear die Lizenz zur Herstellung künstlichen Fischbeins aus Hartgummi erwarben. Der Stiefbruder des einen Lizenznehmers, Otto Meyer, verbesserte das Verfahren wesentlich, namentlich durch die sogenannte Wasserhärtung. Seine Patente boten zwei Jahrzehnte lang der amerikanischen Fabrikation den einzigen wirksamen Schutz. Das Material erwies sich besonders geeignet als Ersatz für Hornkämme, was 1853 zur Gründung der ersten Hartkautschukfabrik der Welt durch Poppenhusen führte. Es war die «India Rubber Comb-Company» in New York; von hier gelangte das Verfahren nach Deutschland: 1856 wurde die Hamburger-Gummikamm-Compagnie durch Friedrich Traun gegründet.

Einen interessanten Einblick in den damaligen Stand der Kautschukindustrie gewährt J. B. Bremers im Jahre 1848 veröffentlichtes Buch über «die Gewinnung, Zubereitung und Verarbeitung des Kautschuks oder Federharzes ...». Aus ihm ist zu ersehen, welch vielfältige Gegenstände damals bereits aus vulkanisiertem Kautschuk hergestellt wurden. Bremer spricht beispielsweise von elastischen Röhrenstücken, Sonden und Kathetern, von wasserdichtem Zeug, von Schuhsohlen, Stöpseln, Meßbändern und Luftkissen. Er weiß sogar, wie man das Ausgleiten mit Gummisohlen vermeiden kann – indem man nämlich die untere Fläche mehrmals mit Kautschuklösung bestreicht und, wenn diese fast getrocknet ist,

mit Sand bestreut. Reliefsohlen kennt er freilich noch nicht, doch hebt er die geringe Abnützung der Gummisohlen hervor. Die erste Gummiwarenfabrik in Deutschland war schon 1829 von François Fonrobert in Fürstenwalde gegründet worden, und 1848, als Bremers Buch erschien, bestand in Dresden bereits eine Gummifabrik, die auch das kautschukähnliche, plastische, aber unelastische Guttapercha verarbeitete. In Lichterfelde bei Berlin eröffnete der Engländer Elliot 1849 eine Fabrik, die nachmaligen «Vereinigten Berliner Frankfurter Gummiwarenfabriken». Und in Wien war es Reithoffer, der 1850 die Gummischuhfabrikation aus vulkanisiertem Kautschuk begann. Er hatte 1828 ein österreichisches Patent auf die Herstellung von Kautschukfäden erhalten, die aus «Paraflaschen» (in Form kugeliger, dickwandiger Flaschen kam der brasilianische Kautschuk in den Handel) geschnitten und mit Zwirn, Seide oder Wolle umflochten waren. Es folgten 1856 die «Harburger Gummiwerke Louis und Albert Cohen» (später «Vereinigte Gummifabriken Harburg-Wien»), die 1860 bereits neben anderen Gummiwaren täglich 10000 Paare Gummischuhe herstellten. Nunmehr setzte eine rasche Entwicklung ein: 1868 gab es im Gebiet des Norddeutschen Zollvereins schon 36 Gummi- und Guttaperchawarenfabriken, die 1788 Personen beschäftigten, und 1914 waren es im Deutschen Reich über 600 Betriebe mit rund 45000 beschäftigten Personen.



Der erste Luftreifen wurde 1845 patentiert. Rechts: Schnitt durch Thomsons Reifen

Entscheidende Bedeutung gewann der Kautschuk, als mit der Entwicklung der Fahrrad- und Automobil-Industrie der Bedarf an elastischen Reifen auftrat. Die Geschichte des aufblasbaren Gummireifens beginnt mit dem englischen Patent des Ingenieurs Robert William Thomson aus Adelphi vom 10. Dezember 1845 auf eine «Vorrichtung in Wagenrädern, welche auch für andere rollende Gefährte anwendbar ist»; es war dies ein hohler Gürtel aus luft- und wasserdichtem Material – wie Kautschuk und Guttapercha –, der mit Luft aufzublasen war und auch schon ein Ventil besaß.

Auf dieses Verfahren nahm die Londoner Wagenbaufirma Whitehurst & Co. eine Lizenz, aber die Erfindung war verfrüht, die Zeit dafür noch nicht reif. Das änderte sich erst, als der Tierarzt John Boyd Dunlop aus Dreghorn (1840–1921) «einen hohlen Schlauch aus Kautschuk, der von Leinwand oder ähnlichem Material umgeben und mit Luft oder Gas unter Druck aufzublasen war», zunächst am Dreirad seines Sohnes erprobte. Der Fahrradhändler Edlin machte den Tierarzt darauf aufmerksam, daß dieser von ihm für das Dreirad des Sohnes erfundene pneumatische Luftreifen doch großartige wirtschaftliche Möglichkeiten biete, und so meldete Dunlop seine Erfindung zum Patent an. Am 23. Juli 1888 wurde Dunlops Reifen patentiert, und unter der Firma R. W. Edlin & Co. stellten der Tierarzt und der Fahrradhändler «Pneumatiks» her, die der Rennfahrer William Huma am 18. Mai 1889 beim Radrennen des Queen's College Clubs in Belfast erstmals mit Erfolg durchs Ziel führte. Schon vorher waren in England Vollgummireifen für Fahrräder üblich gewesen, und seit 1884 stellte die Firma Charles Macintosh in Glasgow Luftkammerreifen her, die lange beliebt waren, bis sie von Dunlops Pneumatiks verdrängt wurden. 1895 wurde Dunlops und Edlins Firma in die «Dunlop Pneumatic Tyres Company» umgewandelt.

Charles Kingston Welch aus Coventry hat Dunlops Erfindung verbessert. Er ließ sich 1890 einen Reifen patentieren, der aus einem Kautschukschlauch und einer Decke aus Kautschuk und Segeltuch mit verstärkten Endkanten bestand, durch die ein stützender Draht lief. Von ihm stammt auch das üblich gewordene Ventil, und er hat außerdem die Einlagen aus Cordgewebe erfunden, auf die er 1893 ein englisches Patent erhielt. G. F. Stillman aus New York und A. T. Brown aus Buffalo meldeten 1892 in Amerika eine ganz ähnliche Neuerung wie die von Welch zum Patent an, das von der Dunlop-Gesellschaft erworben wurde.

Zu dieser Zeit war auch in Frankreich das Interesse für diese Entwicklung wach geworden. Edouard Michelin in Clermond-Ferrand lernte 1888 durch einen «Velozipedisten» den Luftreifen am Fahrrad kennen. Mit seinem Ingenieur Laroche entwickelte er den Luftreifen selbständig weiter. Gegen Ende 1891 war dann der konfektionierte, abnehmbare und auswechselbare Michelinreifen fertig, mit dem der Rennfahrer Terront das Zweiradrennen Paris-Brest gewann (1891). Und im Jahre 1895 konnte Michelin seine ersten Versuche, den Luftreifen auch bei Motorwagen anzuwenden, mit Erfolg beenden.

Der Fahrrad- und der Autoreifen – das sind uns heute wohl die vertrautesten Erzeugnisse aus Kautschuk. Aber was wird da nicht noch alles von der Kautschuk- und Gummi-Industrie hergestellt (Das Wort Gummi stammt übrigens aus dem Altägyptischen, bedeutet klebriges Baumharz

und ist über das Griechische und Lateinische in unsere Sprache gelangt): Schläuche und Isolierungen, Sohlen und gummierte Gewebe, Walzen und Treibriemen, Förderbänder und Dichtungen, Gummischürzen und Spielwaren, Hartgummi-Federungen für Straßenbahn- und Eisenbahnwagen («Metro» in Paris und Stadtbahn in Hamburg), nicht zu vergessen der Schaumgummi. Wurde der Kautschuk ursprünglich in den Dschungeln Zentral- und Südamerikas gewonnen, so sorgen jetzt seit langem ausschließlich Plantagen in den Tropen, hauptsächlich in Südostasien, den Malaiischen Staaten, in Indonesien und auf Ceylon, für den nötigen Rohstoff. Die Welterzeugung stieg in den Jahren 1913 bis 1938 von 114000 auf 924000 Tonnen und belief sich 1956 auf 1915000 Tonnen.

Der ständig wachsende Bedarf an Kautschukfabrikaten aller Art ließ natürlich den Wunsch wach werden, Kautschuk auch künstlich herzustellen. Wie fast immer, so beginnt auch hier die Entwicklung mit rein wissenschaftlichen Vorarbeiten: 1835 befaßte sich Karl Himly in Göttingen als erster mit der trockenen Destillation des Kautschuks und mit einem aus diesem isolierten neuen Körper, den er später Faradayin nannte. Dem Engländer Greville Williams gelang es dann 1860, diesen Stoff in reinerer Form darzustellen und analytisch mit der Bruttoformel C_5H_8 zu bestimmen. Er nannte ihn Isopren. Es folgten weitere, immer noch rein wissenschaftliche Untersuchungen in Richtung auf die Herstellung künstlichen Kautschuks; um die letzte Jahrhundertwende kam – nach Vorarbeiten von Bourchardet, Tilden und Kondakow – der Kieler Professor Carl Dietrich Harries zu der Erkenntnis, daß sich jeweils zwei Isopren-Moleküle zu einer Verbindung zusammenlagern und mehrere dieser Verbindungen durch Aneinanderreihen (die Wissenschaft nennt diesen Vorgang Polymerisation) das Kautschuk-Großmolekül bilden. Die Elberfelder Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer & Co. gingen schließlich 1906 daran, die Kautschuk-Synthese technisch anzupacken, und zwar auf eine Anregung des Chemikers Fritz Hofmann hin. Aber es sollte noch viel Geld und viel Zeit kosten, bis aus der Theorie und aus dem Laboratoriumsversuch die technische Großsynthese entstand. 1909 war Hofmann so weit, daß er in Zusammenarbeit mit Carl Coutelle und anderen das erste brauchbare technische Verfahren zur Herstellung künstlichen Kautschuks zum Patent anmelden konnte, dem zahlreiche weitere folgten. Im ersten Weltkrieg, als Deutschland von aller Rohstoffzufuhr abgeschnitten war, gelang es bereits, 2500 Tonnen synthetischen Methylkautschuk herzustellen. Nach dem Krieg, als es Rohkautschuk wieder in genügendem Maße gab, erlahmte eine Zeitlang das Interesse am künstlichen Kautschuk, und fast ein Jahrzehnt sollte es noch dauern, bis jener aus der Retorte gewonnene Stoff entstand, dessen Name «Buna» weltberühmt

geworden ist. Zur Entwicklung dieses Stoffes waren langjährige chemische Versuche notwendig. Buna ist die Abkürzung für Butadiën-Natrium-Kautschuk. Denn die wichtigste Methode ist die der Polymerisation des Dimethylbutadiens (dessen technische Erzeugung vom Acetylen ausgeht) mit Hilfe von Natrium, die 1910 gleichzeitig von C. D. Harries in Deutschland und von Fr. Edward Matthews und Edw. H. Strange in England entwickelt wurde – selbstverständlich vorerst nur im Laboratorium. Seit 1926 erzielte dann eine neue Generation technischer Kautschukforscher der I.G.-Farbenindustrie weitere Erfolge, so daß künstliche Kautschukarten und Bunasorten hergestellt werden konnten, die den natürlichen Kautschuk an Qualität erreichen, in verschiedenen Beziehungen sogar wesentlich übertreffen. So ergab sich 1936 bei Prüfungen, daß schon die ersten Buna-Autoreifen solchen aus Naturgummi in der Haltbarkeit um rund 30 Prozent überlegen waren. Die industrielle Großherstellung von Buna begann 1936/37; die erste deutsche Fabrik, die es in größerem Maßstabe erzeugte, war das Werk Schkopau bei Merseburg. Im Jahre 1944 wurde in der deutschen Kautschukindustrie zu 97% Buna verarbeitet. Das Ende des zweiten Weltkriegs brachte für Deutschland das Verbot der Herstellung künstlichen Kautschuks; 1951 wurde es für die Bundesrepublik wieder aufgehoben, so daß die «Deutsche-Kautschuk-Gesellschaft» gegründet werden konnte. Ende 1951 kam das erste Nachkriegsbuna von Hüls und das erste Perbuna der Farbenfabriken Bayer auf den Markt.

Nicht nur in Deutschland war am künstlichen Kautschuk gearbeitet worden. Seit 1931 stellt man in den Vereinigten Staaten nach den Forschungsarbeiten von Nieuwland und Carothers den Kunstkautschuk Neopren her, der infolge seines hohen Chlorgehalts nicht brennt; außerdem einen synthetischen Butylkautschuk. Und die Sowjetunion, die ihre Rohkautschukbasis durch Anbau von Kok-Saghyz, einer dem Löwenzahn verwandten Milchsaftpflanze, verbreitert hat, erzeugt seit den dreißiger Jahren Sowpren – chemisch das gleiche wie Neopren – sowie den Bunasorten entsprechende Produkte.

In unseren Tagen werden wir Zeugen, wie nicht nur der künstliche Kautschuk dem natürlichen Konkurrenz macht, sondern wie eine Fülle unterschiedlichster «Kunststoffe» – teils abgewandelte Naturstoffe, teils vollsynthetische Stoffe aus der Retorte – auf weitesten Gebieten die althergebrachten Naturstoffe ersetzt oder verdrängt und sich zugleich völlig neue Verwendungsmöglichkeiten erschließen, von der Nylon-, Perlon- und Orlonfaser über die Plastikfolie bis zum Paddelboot oder zur Autokarosserie, bis zum Kunstharzleim oder zum stahlharten Zahnrad. Es ist im Rahmen unserer Technikgeschichte einfach nicht möglich, die Histo-

rie all dieser Kunstfasern, all dieser «Plaste» zu erzählen, die nun größtenteils ganz und gar echte «Kunst»stoffe aus der «künstlichen Natur» der Formeln des Chemikers sind und in der «natürlichen Natur» überhaupt nicht vorkommen. Wollte man nur die wichtigsten Gruppen mit all jenen uns aus dem Alltag vertraut gewordenen Kunststoffen ihrer Herstellung und ihrer Eigenart nach behandeln, so brauchte man ein Werk von doppeltem Umfang dieses Buches. Deshalb müssen wir uns hier darauf beschränken, ganz wenige Daten zu nennen, die zeigen sollen, wie jung sowohl die aus abgewandelten Naturstoffen bestehenden wie die vollsynthetischen Kunststoffe sind: 1858 stellte der Engländer Alexander Parkes «künstlichen Marmor» und «Kunst-Elfenbein» (für Billardkugeln, Kämme oder Messergriffe) durch Einwirkung von Eisessig auf Schießbaumwolle her. Er hatte zunächst sogar Erfolg, dann aber zogen infolge des amerikanischen Bürgerkrieges die Baumwollpreise stark an, und gleichzeitig wurde der Kautschuk billiger – Parkes' Erfindung geriet in Vergessenheit. 1869 schuf dann John W. Hyatt in USA das Zelluloid – Parkes hatte 1865 das Verfahren angegeben –, ebenfalls noch ein abgewandelter Naturstoff, aber immerhin der älteste durch Wärme verformbare Kunststoff. Drei Jahre später erhielt der große Münchner Chemiker Adolf von Baeyer (er wirkte damals noch in Straßburg) im Laboratoriumsversuch ein «Kunstharz» aus Formalin und Karbolsäure; praktisch verwertbar war diese Entdeckung nicht, obwohl Baeyer ihre Bedeutung klar erkannte, da Formalin damals noch nicht synthetisch herzustellen und deswegen sehr kostbar war. Die Zeit der synthetischen Kunststoffe beginnt 1909 mit dem Bakelit, einem Phenol-Formaldehyd-Kunstharz, das seinen Namen nach dem in Gent geborenen, in USA wirkenden Erfinder Leo H. Baekeland trägt, und die Epoche der «Kunststoffe aus Kalk und Kohle» hebt mit dem Jahr 1912 an, in dem die chemische Fabrik Griesheim das Deutsche Reichspatent Nr. 278 249 für die technische Herstellung von Vinylchlorid durch Einwirken gasförmiger Salzsäure auf Acetylen in Gegenwart von Metallchloriden nach einem von F. Klatte angegebenen Verfahren erhielt. Doch erst mehr als 20 Jahre später – 1935/36 – lief im Werk Bitterfeld der I.G.-Farbenindustrie die großtechnische Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC: Igelit, PeCe-Faser) an; bahnbrechend für die großtechnische Herstellung waren vor allem die Arbeiten von G. Wick gewesen. Im letzten Jahrzehnt vor dem zweiten Weltkrieg erreichten auch die Polyacryle (Plexiglas), die Polyamide (Nylon, Perlon) und die Polyurethane Fabrikationsreife, und mit den Silikonen nach dem zweiten Weltkrieg sind wir bereits in der Gegenwart, die uns eine kaum noch zu überblickende Entwicklung und Ausbreitung neuer Kunststoffe erleben läßt.

Ernst Kapp, der «Metaphysiker der Technik», hat sich gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts eindringlich um die geistige Durchdringung der Grundfragen aller Technik bemüht. Seiner Ansicht nach waren die Urwerkzeuge des Menschen «eine Verlängerung, Verstärkung und Verschärfung leiblicher Organe», wofür er den Begriff «Organprojektion» (1877) prägte: «Ist demnach der Vorderarm mit zur Faust geballter Hand oder mit deren Verstärkung durch einen faßbaren Stein der natürliche Hammer, so ist der Stein mit einem Holzstiel dessen einfachste künstliche Nachbildung. Denn der Stiel oder die Handhabe ist die Verlängerung des Arms, der Stein der Ersatz der Faust. Der Hammer ist also eine Organprojektion oder die mechanische Nachformung einer organischen Formung, in welcher der Mensch die durch Handgeschicklichkeit verstärkte Armkraft beliebig darüber hinaus erweitert.» Zweifellos hat jedoch Kapp seinen geistvollen Gedanken von der «Organprojektion» zu weit auf die Spitze getrieben, als es ihm darum ging, ihn auf die Maschine anzuwenden. Von seiner Philosophie der Technik ist jedoch mindestens ein Gedanke lebendig geblieben, der nämlich, daß zwischen aller höchstentwickelten Technik unserer Tage und jenen primitiven Ur-Erfindungen von Werkzeugen und Waffen kein prinzipieller Unterschied besteht, sondern nur ein gradueller.

Es liegt allerdings eine Jahrtausende währende Entwicklungszeit zwischen dem mit der Hand geführten Werkzeug und der Werkzeugmaschine. Die Arbeit mit dem Hammer in der Hand des Schmiedes kann man mit dem großen Kinematiker Franz Reuleaux als «kraftschlüssig» bezeichnen. Er sieht in der Ablösung des Kraftschlusses durch den Paar- und den sich anschließenden Kettenschluß das allgemeine Entwicklungsgesetz der Maschine. Auch der Handdrillbohrer des jungsteinzeitlichen Menschen ist noch vorwiegend kraftschlüssig, die neuere Bohrmaschine oder die Drehbank hingegen sind in allen Teilen paarschlüssig, so daß nur die angestrebte Bewegung der Teile zwangsläufig erfolgt und keine andere. Wir haben es beim Paarschluß mit geschlossener Führung zu tun: ein mechanisches Element umschließt das andere so, daß ein Zwangslauf entsteht.

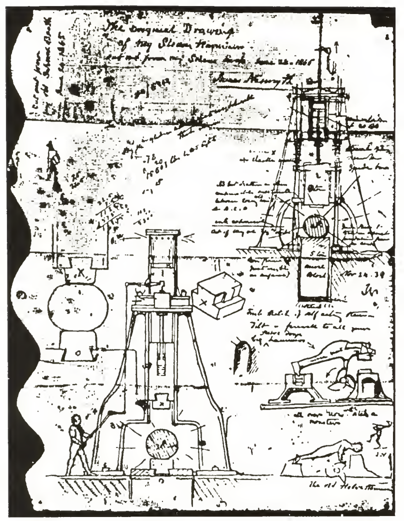
Als einfachstes Werkzeug kann der Hammer gelten. Der erste Hammer war nichts als ein Schlagstein, den der Mensch der Altsteinzeit benutzte, um das Rohmaterial für seine Werkzeuge, den Feuersteinknollen, zu zertrümmern. Der Hammer war das Werkzeug, mit dem das Werkstück zugerichtet wurde. Dann kam der gestielte Hammer, mannigfach variiert für die verschiedenen Zwecke. Aus dem Steinhammer entwickelte sich der Hammer aus Bronze, dann der aus Eisen und Stahl.

Und nun sei der Weg vom Handhammer zum Dampfhammer nachgezeichnet als Beispiel dafür, welche Veränderungen ein Werkzeug durchmachen kann, um vom «Handwerkszeug» zu einem Maschinenwerkzeug zu werden, das in der Werkzeugmaschine seinen Arbeitszweck erfüllt. Werkzeugmaschinen: das sind – um eine klassische Formulierung wiederzugeben – «Maschinen zur Bearbeitung fester Körper mit Hilfe geeigneter Werkzeuge, also Drehbänke, Bohrmaschinen, Fräsmaschinen, Pressen, Scheren, Schleifmaschinen usw.».

Bei der alten Eisengewinnung auf Rennfeuern (s. S. 50) mußten die Schlacken durch Hämmern von Eisenklumpen, den «Luppen», herausgeschlagen und die Klumpen zusammengeschweißt werden. Da im Lauf der Entwicklung die Eisenluppen immer größer wurden, genügte der Handhammer für das Losschlagen der Schlacken nicht mehr. Das führte dazu, daß der Hammer immer größere Ausmaße annahm, und spätestens im 15. Jahrhundert mußte man Wasserkraft einsetzen, um ihn in Bewegung setzen zu können; die weitere Aufgabe, die bei dieser Gelegenheit zu lösen war, ging dahin, den Hammer um einen Zapfen schwenkbar zu machen. So entstanden drei Arten von Hammerwerken, die man als paarschlüssig bezeichnen kann: der Schwanzhammer, bei dem der Drehzapfen zwischen der Wasserradwelle und dem Hammer liegt; der Stirnhammer, bei dem sich der Zapfen am Ende des Hammerstiels befindet; und schließlich der Aufwurfhammer, bei dem die hebenden Nocken der Wasserradwelle zwischen Zapfen und Hammer angreifen. Diese mechanischen Hämmer gehören zu den ältesten und wichtigsten Maschinen der Eisen- und Metallverarbeitung. Reck- und Zainhämmer, die als Schwanzhämmer gebaut waren, wurden seit der Mitte des 15. Jahrhunderts zum Beispiel in der Lüdenscheider Gegend mit Wasserkraft betrieben. Gerade auf diesem Gebiet gingen schon damals Technisierung und Rationalisierung schnell voran. So gab es im Jahre 1773 im Kirchspiel Remscheid, Cronenberg und Lüttringshausen 125 Eisenhämmer, und die Gesamtzahl im Bergischen Land belief sich auf etwa 180. In der Eisenbereitung nahm in der Zeit von 1550 bis 1850 die Produktivität um das Dreihundertfache zu!

Eine andere Form der mechanischen Hämmer zeigt der Fallhammer. Ausgangsform ist der in Gleisen geführte Rammbär, der von Hand gehoben und dann, wie bei der Handramme, fallengelassen wird. Vitruv berichtet bereits um 25 v. Chr. von einem solchen Fall-Rammbär mit Windevorrichtung, und Georg Agricola führt in seinem großen Bergwerksbuch von 1556 den Fallhammer als Werkzeug zum Zerkleinern des Schwarzkupfers auf.

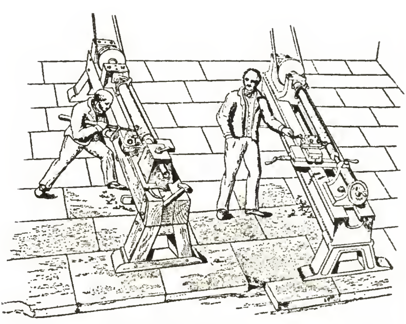
Im Jahre 1839 zeichnete der englische Ingenieur James Nasmyth seinen Dampfhammer mit Handsteuerung. Auf den Gedanken, den Fallhammer



Der Dampfhammer von Nasmyth

mit Dampfkraft zu heben, war Nasmyth gekommen, als ihn ein Freund wegen des Schmiedens einer Ruderradwelle um Rat fragte. Nasmyth übersandte ihm postwendend die Konstruktionsskizze eines mächtigen Schmiedehammers mit Dampfantrieb. Zur Ausführung kam es aber nicht, zumal Nasmyth die Kosten für die Patentierung nicht aufbringen konnte. Er war jedoch sehr überrascht, seinen Dampfhammer in Creuzot – dem «französi-

schen Essen» – arbeiten zu sehen, als er 1842 dort zu Besuch weilte. Schneider und Bourdon, die Besitzer dieses Werkes, hatten in Abwesenheit von Nasmyth dessen Werkstatt in Patricoft besucht und dort seine Zeichnung gesehen. Und sie hatten in Creuzot ihren Dampfhammer nicht nur danach gebaut, sondern sogar in Frankreich patentieren lassen. Daraufhin ließ sich Nasmyth noch im gleichen Jahr für seine Erfindung ein britisches Patent erteilen. Es war das gleiche Jahr 1842, in dem die Marienhütte bei Zwickau mit dem Maschinenbauer Dorning einen Vertrag über den Bau eines Dampfhammers schloß, der im Januar 1843 in Betrieb gesetzt wurde. Auch diesem lag Nasmyths Entwurf zugrunde. Krupp baute 1861 seinen Schwergewichts-Dampfhammer «Fritz». 1862 zeigte dann der Berliner Maschinenbauer Louis Schwartzkopff auf der Londoner Ausstellung seinen Schnellhammer mit Oberdampf, und um 1870 führten Keller & Banning einen Schnellhammer für Donawitz bei Leoben aus. Krupps Hammer mit einem Bärgewicht von 35 t und später 50 t wurde von anderen übertroffen, so von John Cockerill, der 1885 in der Antwerpener Ausstellung einen solchen von 100 t Bärgewicht zeigte.

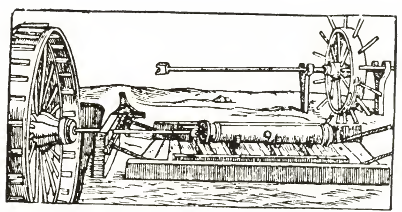


So stellte im Jahre 1841 Nasmyth die Vorteile der Maudslay-Drehbank (rechts) gegenüber der Drehbank alten Stils zeichnerisch dar

Neben dem Hammer gehört die Drehbank zu den ältesten Werkzeugmaschinen. Ihre Urform war, ähnlich wie beim neolithischen Bohrapparat, die «Fiedeldrehbank» mit Schnurantrieb, die zum Beispiel für Ägypten um 300 v. Chr. belegt ist, aber beträchtlich älter, wahrscheinlich schon bronzezeitlich, sein dürfte. Die Fiedeldrehbank blieb bis ins 18. Jahrhundert hinein in Gebrauch, so bei den Alabasterern und der Drechslerwerkstatt; sie war eine Universal-Werkzeugmaschine, mit der man drehen, bohren, schleifen, polieren, fräsen und drücken konnte. Um das Jahr 1000 unserer Zeitrechnung kam zum Schnurantrieb der Handantrieb durch das Drehrad, im 15. Jahrhundert der Tretantrieb und die federnde Wippe hinzu. Eine solche Wippenbank mit Schnurantrieb und Fußtritt findet sich beispielsweise um 1400 im Porträtbuch der Mendelschen Zwölfbrüderstiftung in Nürnberg. Hier, bei dem Porträt eines Kandelgießers von 1411, der seine Drehbank mit Hilfe von Handkurbel und Schwungrad in Bewegung setzt, gibt es auch die kontinuierlich in einer Richtung umlaufende Drehbank. Um 1480 war die Schlittenführung mit Schraubspindel als Werkzeugträger der Drehbank bekannt, und Leonardo da Vinci skizzierte um 1500 in verschiedenen seiner Manuskripte Drehbänke mit Schwungrädern und Tretantrieb, mit Leitspindeln, Lünette und Zentrierfutter, sowie eine Patronendrehbank. Die kunstvoll geschnitzte Drehbank, die 1518 dem Kaiser Maximilian von den Tiroler Ständen als Geschenk überreicht wurde, war eine Wippenbank mit Rückenlehne. Wie streng aber die alten Zünfte und Innungen ihre Geheimnisse (und dazu gehört nicht zuletzt die Drehbank) zu wahren und «Verrat» zu strafen wußten, ist auf Seite 76 erzählt.

Im Jahre 1701 veröffentlichte Charles Plumier das erste brauchbare Lehrbuch über die Drehbank, und die große Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert (1771) machte sie dann allgemein bekannt. Henry Maudslay, der gegen Ende des 18. Jahrhunderts die erste Support-Drehbank ganz aus Eisen baute, wurde zum Bahnbrecher der weiteren Entwicklung. Im Jahre 1794 schuf er in der Werkstatt von Joseph Bramah und unter dessen Mitwirkung seine erste Supportausführung, und 1800 verwendete er bei der Schraubenherstellung als austauschbares Element Wechselräder. Maudslay und Bramah bauten um 1820 die Leitspindeldrehbank schon ganz fabrikationsmäßig. Diese Arbeiten boten die Grundlage für genaue Werkstattarbeit.

Eine Fortentwicklung der Drehbank erfolgte nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts insbesondere in den Vereinigten Staaten von Amerika, die damals überhaupt die führende Rolle im Bau von Werkzeugmaschinen übernahmen. Hier entstanden die Revolverdrehbank, der Halbautomat und als letzte Steigerung der Ganzautomat, also die selbständig arbeitende



Geschützbohrmaschinen, links von einem Wasserrad angetrieben, rechts für Handbetrieb, aus Biringuccios »Pirotechnia« von 1540

Schrauben- und Formdrehbank. Um die Entwicklung der automatischen Revolverdrehbank hat sich um 1860 der Gewehrfabrikant Charles Spencer in Amerika besondere Verdienste erworben.

Aus der Drehbank entwickelte sich die Bohrmaschine. Vielfältige Aufgaben waren ihr gestellt, angefangen vom Bohren hölzerner Wasserleitungsrohre bis zum Ausbohren von Geschützrohren. Solche Maschinen wurden schon recht früh gelegentlich in riesigem Ausmaße gebaut, so 1413 zu Braunschweig, wo man ein fast neun Tonnen schweres Geschützrohr gegossen hatte, in das nun der Lauf für die großkalibrigen Kugeln zu bohren war. Wie so oft in der Technik, so haben auch bei der Bohrmaschine militärische Bedürfnisse die Entwicklung gefördert. Für die Gewehrfabrikation hat man die ersten Maschinen mit vielen Bohrspindeln gebaut: Kaiser Friedrich III. besichtigte 1471 bei dem Gelbgießer Stauden zu Nürnberg eine Maschine, die 24 Rohre gleichzeitig bohren konnte. Aber das Ausbohren der alten Geschützrohre geschah recht oberflächlich, meist mit dem Kronbohrer. Auch unter den Zeichnungen des Universalgenies Leonardo da Vinci (um 1500) gibt es Abbildungen von Bohrmaschinen, und zwar eine solche zum Bohren von Brunnenrohren von erstaunlicher Vollkommenheit, mit Schlitten, Spindelstock für den rotierenden Bohrer und selbsttätiger Zentriervorrichtung für das Werkstück (s. S. 99). V. Biringuccio beschreibt um 1540 eine Geschützbohrmaschine mit Antrieb durch ein großes Tretrad, das durch drei bis vier Menschen in Drehung versetzt wurde. Von hier aus wird die Bohrstange mit dem Bohrkopf gedreht, während das Rohr auf einem Schlitten gelagert ist, dem über Seile und Winden eine langsame Vorschubbewegung erteilt wird. Biringuccio kannte

auch schon eine doppeltwirkende horizontale Bohrmaschine mit zwei nebeneinanderliegenden Bohrspindeln. Eine solche horizontale Geschützrohr-Bohrmaschine nahm 1744 Johann Maritz in Straßburg in Betrieb; als besonders erwähnenswert wird von dieser Maschine gesagt, daß sie die Möglichkeit zu konzentrischem Bohren und zu zylindrischem Drehen bot. Man konnte mit dieser Maschine, die durch Pferdekraft angetrieben wurde, zum erstenmal ein massives Werkstück von außen und von innen bearbeiten.

Als James Watt seine Dampfmaschine zu bauen begann, sah er sich vor eine Schwierigkeit gestellt, die ihm jahrelang Kopfzerbrechen verursachte: Er brauchte hinreichend genau gearbeitete Rohre für Dampfzylinder. Auf welche Weise man sich zu helfen suchte, hat der «Kunstmeister» Richard Reynolds in einer Tagebucheintragung vom Oktober 1760 anschaulich dargelegt: «Wir haben heute mit dem Ausschleifen eines Rotgußzylinders von 20 Zoll Weite und 9 Fuß Länge für die Kohlengrube Elphingstone begonnen. Nach vielen Entmutigungen und nachdem schon drei andere Gußstücke verdorben waren, hatten wir große Zweifel, ob es uns jemals gelingen würde, eine Arbeit von solcher Größe zum glücklichen Ende zu bringen. Aber die Not der Grube Elphingstone zwang uns, es nochmals zu versuchen, und wir danken Gott dem Allmächtigen, daß er uns nach schweren Prüfungen unser Werk gelingen ließ.

Nachdem wir den Zylinder auf zwei zugehauenen Balken auf dem Werkhof waagerecht fest gelagert hatten, mußte uns ein Bleigießer zwischen zwei aus Bohlen und Kitt hergestellten Verschalungen die Masse von 300 Pfund Blei in den Zylinder gießen.

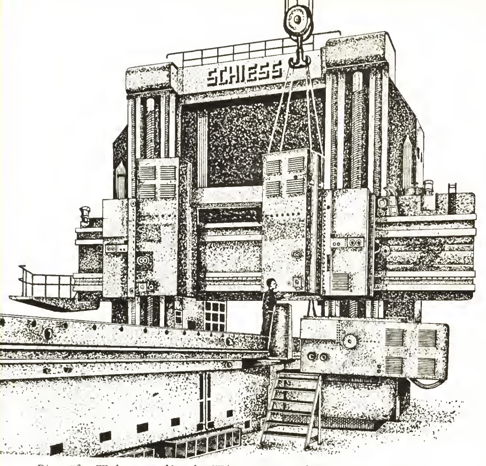
Den Bleiklotz haben wir mit zwei Eisenstangen und Tauen verbunden und an jedes Tau sechs kräftige und flinke Männer gespannt. Danach haben wir Öl und Schmirgel in den Zylinder gegossen und ihn durch Hin- und Herziehen des Bleiklotzes ausgeschliffen, indem wir ihn immer ein wenig weiterdrehten, wenn eine Stelle glattgerieben war. Und so haben wir mit vieler Mühe und harter Anstrengung gearbeitet, bis schließlich ein solcher Grad von Rundheit erreicht war, daß der größte Durchmesser des Zylinders sich vom kleinsten nur noch um weniger als die Dicke meines kleinen Fingers unterschied. Das war für mich der Anlaß einer großen Freude, da es das beste Ergebnis ist, von dem wir bisher gehört haben.»

Im Jahre 1765 baute John Smeaton seine erste horizontale Zylinderbohrmaschine. Das Ausschleifen wurde durch Schaben bzw. Schneiden mit Bohrmessern ersetzt. Aber von einer Präzisionsleistung war er noch weit entfernt, und bezüglich der Bohrtoleranz blieb es beim alten. Dann kam John Wilkinson im Jahre 1775 mit einer Bohranlage, die an Stelle der schabenden Messer mit einer starren, doppelseitig gelagerten Bohrstange

und schneidenden Stählen arbeitete. Das bedeutete einen erheblichen Fortschritt, und 1776 schrieb Boulton an seinen Partner Watt: «Mr. Wilkinson hat uns verschiedene Zylinder fast fehlerfrei gebohrt; darunter befindet sich einer von 50 Zoll (1270 mm) lichter Weite, der an keiner Stelle um die Dicke eines alten Schillingstückes von der wahren Kreisform abweicht.» Wilkinsons Maschinenanlage umfaßte vier von einem Wasserrad angetriebene Werkzeugmaschinen, oben rechts und links je eine Bohrmaschine für Dampfzylinder und unten je eine Drehbank, und zwar links eine solche mit Hohlspindel zum Abdrehen von Kolben und Zylinderdeckeln, rechts eine Drehbank zum Abdrehen von Kolbenstangen.

Diesen hohen Stand hatte man in England erreicht. Und in Deutschland? In den Jahren 1801 bis 1803 baute Franz Dinnendahl nach englischem Muster seine erste Dampfmaschine (s. S. 415). Unter welchen Schwierigkeiten das geschah, hat er später in seinen Lebenserinnerungen beschrieben: «Freilich war es ein wichtiges Unternehmen, besonders, weil in der hiesigen Gegend» – ausgerechnet im heutigen Industriegebiet – «nicht einmal ein Schmied war, der imstande gewesen wäre, eine ordentliche Schraube zu machen, geschweige denn andere zur Maschine gehörige Schmiedeteile als Steuerung, Zylinderstange und Kesselarbeit usw. hätte verfertigen können oder Bohren und Drechseln verstanden hätte. Schreiner- und Zimmermannsarbeiten verstand ich selbst; aber nun mußte ich auch Schmiedearbeiten machen, ohne sie jemals gelernt zu haben. Indessen schmiedete ich fast die ganze Maschine mit eigener Hand, selbst den Kessel, so daß ich ein bis anderthalb Jahre fast nichts anderes als Schmiedearbeiten verfertigte, und ersetzte also den Mangel an Arbeitern der Art selbst. Aber es fehlte auch an gut eingerichteten Blechhämmern und geübten Blechschmieden in der hiesigen Gegend, weshalb die Platten zum ersten Kessel fast alle unganz und kaltbrüchig waren. Ebenso unvollkommen waren diejenigen Stücke der Maschine, welche die Eisenhütte liefern mußte, als Zylinder, Dampfröhren, Schachtpumpe, Kolben und dgl. Auch dieses Hindernis wurde überwunden, indem ich es durch die Mitteilung eigener Ideen und durch das eigene Raffinieren des Hrn. Jacobi, Eigentümers der Eisenhütte zu Sterkrade, dahin brachte, daß diese Eisenhütte alle nötigen Stücke zu einer Maschine anfangs unvollkommen, aber jetzt in der möglichsten Vollkommenheit liefert. Das Bohren der Zylinder setzte mir neue Hindernisse entgegen, allein auch dadurch ließ ich mich nicht abschrecken, sondern verfertigte mir eine Bohrmaschine, ohne jemals eine solche gesehen zu haben. So brachte ich es also nach unsäglichen Hindernissen endlich so weit, daß die erste Maschine nach altem Prinzip fertig wurde.»

Der Berliner Schlosser August Hamann, der 1824 nach England ging,



Die größte Werkzeugmaschine der Welt ist eine Langfräsmaschine aus Düsseldorf, die in Winterthur steht: Gesamtgewicht 900 t, Höhe 14 m, Durchgang 4,5 × 4,5 m, Bettlänge 46 m, Fräslänge 20 m. Das größte Werkstückgewicht beträgt 150 t. Die Zeichnung stammt von der Montage 1959

um dort den Werkzeugmaschinenbau kennenzulernen, gründete nach seiner Rückkehr 1829 in Berlin eine mechanische Werkstatt, in der er neben Drehbänken und Hobelmaschinen auch Bohrmaschinen baute. Im Jahre 1849 nahm er ein preußisches Patent auf eine Bohrmaschine mit senkrechter Spindel, die als die erste Ständerbohrmaschine anzusprechen ist. Um die gleiche Zeit trat auch Johann Mannhardt in München mit seiner Bohrmaschine an die Öffentlichkeit, von der er 1854 bereits 42 Stück gebaut und abgeliefert hatte. Beide Konstruktionen sahen Transmissionsantrieb über Stufenscheiben vor. Eine andere Bohrmaschine von Mannhardt aus dem Jahre 1848 trug bereits alle Merkmale einer Radialbohr-

maschine. Im Jahre 1851 zeigten Ständer- und Radialbohrmaschinen von Joseph Whitworth in Manchester auf der Londoner Weltausstellung schon den Feinvorschub der Bohrspindel über handbetätigtem Schneckentrieb.

Der deutsche Bohrmaschinenbau fand durch die Chemnitzer Schule einen neuen Aufschwung, insbesondere durch Johann Zimmermann, der von 1848 an Bohrmaschinen baute und auf der Londoner Ausstellung 1862 und dann 1867 in Paris mit goldenen Medaillen ausgezeichnet wurde. In Chemnitz baute Richard Hartmann seine Bohrmaschinen; er hatte dort 1837 die Sächsische Maschinenfabrik begründet und 1841 die erste Hochdruckdampfmaschine für den eigenen Betrieb gebaut, nachdem bis dahin nur mit Pferdegöpeln gearbeitet worden war.

In den Vereinigten Staaten leistete Eli Whitney (1765–1825; s. S. 192) auf dem Gebiet des Werkzeugmaschinenbaues Pionierarbeit. Um 1818 baute er die erste Fräsmaschine, die schon alle wesentlichen Merkmale der Horizontalfräsmaschine besaß. Sein Landsmann Joseph R. Brown in Providence vervollkommnete diese Maschine zur automatischen Universalfräsmaschine (um 1860).

Von Whitney, dem Begründer der Serienfertigung, hat der Weg schließlich zur Fließarbeit geführt, die interessanterweise nicht in der Industrie, sondern in den großen Schlachthäusern von Chicago «erfunden» worden ist (s. S. 193) und dann vor allem von dem großen Autoindustriellen Henry Ford (1863–1947) und anderen amerikanischen Unternehmern zwischen 1915 und 1920 zum wichtigsten Arbeitsverfahren moderner Technik gemacht wurde. Und heute sehen wir bereits in fast allen Industriezweigen halb- oder vollautomatische Taktstraßen laufen.

Hinsichtlich der neueren Entwicklung im allgemeinen gilt, was Friedrich Haßler in einem Aufsatz im «Industrie-Anzeiger» 1954, Heft 16/17 schreibt: «Greift man die wesentlichen Züge der Entwicklung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts heraus, so lassen sich die Konstruktionsgedanken des Werkzeugmaschinenbaues unter folgende Gesichtspunkte zusammenfassen:

Erstens Streben nach Verminderung der Arbeitszeit, und zwar durch Bearbeitung eines Werkstückes mit modernen Werkzeugen gleichzeitig oder mit mehreren Werkzeugen hintereinander, beziehungsweise durch Bearbeitung mehrerer Werkstücke gleichzeitig. Zweitens Weiterentwicklung der allgemeinen Bauart, wobei jedes einzelne Element der verschiedenen Werkzeugmaschinen, insbesondere die Spindelgetriebe, die Vorschubgetriebe, die Maschinengestelle und die Lagerung einzeln entwickelt wurden, und drittens Ausbildung von Werkzeugmaschinen für Sonderzwecke sowie Versuche, Werkzeugmaschinen für kombinierte Bearbeitungsverfahren zu entwickeln.»

Michael Faraday, der «größte Experimentator seiner Zeit», hatte auf Grund seiner Untersuchungen geahnt, daß Licht, Magnetismus und Elektrizität Äußerungen *einer* Naturkraft seien. In Faradays Todesjahr 1867 gab James Clerk Maxwell (1831–1879), vormals Professor am Kings College in London, der Royal Society erstmals seine elektromagnetische Lichttheorie bekannt, zu der er durch Faradays Vorstellungen von der «Nahewirkung» geführt worden war. Nicht Fernkräfte wirkten im Äther; die Ausbreitung der elektrischen Felder schreitet vielmehr von Volumelement zu Volumelement fort. Die berühmten Maxwellschen Gleichungen sagen aus, daß Licht quantitativ mit den elektromagnetischen Wellen identisch ist, und sie zeigen rein rechnerisch die theoretische Möglichkeit von elektromagnetischen Kugelwellen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit im leeren Raum gleich der des Lichtes sein muß. Die Existenz dieser von Maxwell vorausgesagten Kugelwellen konnte genau zwanzig Jahre – 1887 – später Heinrich Hertz, damals seit zwei Jahren Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, experimentell nachweisen. In scharfsinnig durchgeführten Versuchen erzeugte er elektrische Schwingungen von einer Schwingungszahl, die alle bisherigen Ergebnisse übertrafen. Er zeigte, daß die elektrische Kraft zu ihrer Fortpflanzung eine Zeit braucht, die der Geschwindigkeit des Lichtes gleichkommt, und daß diese elektrischen Wellen wie Lichtwellen reflektiert, gebrochen, gebeugt und zur Interferenz gebracht werden können. Mit den von ihm selbst konstruierten Geräten für das Senden und Empfangen der elektrischen Wellen, die er Oszillator und Resonator nannte, legte Heinrich Hertz die Grundlage für die drahtlose Telegraphie. Abermals zehn Jahre später, am 14. Mai 1897, war die Technik so weit, in zweckhafte Praxis umsetzen zu können, was die Männer der Wissenschaft bei ihrem zweckfreien Forschen nach den Gesetzen der Natur gefunden hatten: Auf englischem Boden, am Bristolkanal zwischen Lavernock Point und Brean Down, stellt der dreiundzwanzigjährige Italiener Guiglielmo Marconi die erste drahtlose Nachrichtenverbindung her. An diesem Tage ist geboren worden, was heute als Funk selbstverständlich und unentbehrlich geworden ist (s. Tafel S. 206).

Am 25. April 1874 ist Guiglielmo Marconi in der alten italienischen Universitätsstadt Bologna geboren worden. Sein Vater, geschätzt als fähiger, kluger und arbeitsamer Geschäftsmann, war Italiener, seine Mutter, halb Schottin, halb Irin, war Frau Marconi geworden, als sie am Konservatorium in Bologna Musik studierte. Ihr Liebling ist Guiglielmo stets geblieben, obwohl er, wie er selbst erzählt, kein braver Junge gewesen

ist, sie war seine Ratgeberin und Begleiterin noch zu einer Zeit, da andere Männer längst verheiratet sind, und ihr verdankt er es nicht zuletzt, daß seine Erfindung in England den ersten geschäftlichen Erfolg hatte. Schon in der Schulzeit zeigte der junge Marconi besonderes Interesse für Physik, vor allem aber für die Elektrizität; in das Gebiet, das ihm Weltruhm bringen sollte, die Hertzsche Schwingungslehre, führte ihn sein Lehrer an der Bologneser Universität Augusto Righi ein, der selbst mit großem Erfolg an diesen Fragen arbeitete. Von ihm angeregt kam Marconi der Einfall, man müsse Nachrichten mit Hilfe elektromagnetischer Wellen, also ohne jede Drahtverbindung zwischen der sendenden und der empfangenden Stelle, übertragen können. Er selbst erzählt über diese Zeit: «Es erschien mir unbedingt möglich, Signale durch den Äther zu senden, und zwar über sehr große Entfernungen, wenn es gelingen würde, die Intensität der Ausstrahlungen zu erhöhen, zu entwickeln und zu kontrollieren. Meine Idee erschien mir so klar und so logisch, daß es mir fast schwerfiel, zu glauben, daß niemand früher auf den Gedanken gekommen ist und in die Tat umgesetzt hat. Es erschien mir fast unfaßbar, daß anderen meine Theorie phantastisch vorkam. Im Dezember 1895 gelangen mir meine ersten Funkversuche. Ich teilte meine Sendungen in kurze und lange Perioden ein und gewann damit die Morsezeichen. Mit tiefer Anteilnahme verfolgte meine Mutter alles, was ich tat, jede Fortschrittsetappe, wie klein und unbedeutend sie auch gewesen sein mochte.» In einer kalten Dezembernacht dieses Jahres konnte Marconi seiner Mutter den Erfolg seiner Arbeit vorführen. In einer Dachkammer war eine Gruppe von Batterien, Zinkstäben und Spulen aufgebaut, überwuchert von einem Gewirr von Drähten. Auf einem kleinen Tisch lag ein Morsetaster. Drückte Marconi diesen Taster, so kam vom anderen Ende der Kammer ein Surren. «Es ist wunderbar», sagte leise die Mutter. Und es war in der Tat wunderbar, denn aus diesem ersten Surren einer elektrischen Klingel über die Entfernung von neun Meter wurde innerhalb weniger Jahre die drahtlose Übermittlung von Nachrichten um den ganzen Erdball.

Freilich, dieser Erfolg war nicht die Frucht grundlegender selbständiger Forschungen. Marconi war vor allem der erfolgreiche Vollender und Vereiniger bereits vorhandener Erkenntnisse und Geräte. 1858 hatte der Kieler Physiker Dr. Berend Wilhelm Feddersen als erster den Schwingungscharakter von Funkenentladungen bei der Leydener Flasche festgestellt, drei Jahre später durch einen rotierenden Spiegel die oszillatorische Entladung nachgewiesen. Und schon vor Heinrich Hertz hatte 1879 David Edward Hughes der Royal Society etwas vorgeführt, was wir heute eine Funk-Sende- und Empfangsanlage nennen würden. Als Sender diente eine kleine Induktionsspule und eine Funkenstrecke, als Empfänger,

400 Meter vom Sender entfernt, ein «Kohärer», wie ihn 1838 der schwedische Physiker Peter Samuel Munk af Rosenschöld entdeckt hatte: Lose Eisenfeilspäne, so hatte er gefunden, werden zum «Fritten», das heißt zum Zusammenbacken, gebracht, wenn eine elektrische «Bestrahlung» sie trifft, und leiten dann den Strom, eine Eigenschaft, die sie bei mechanischer Erschütterung wieder verlieren. Mit einem solchen Kohärer nun, der mit einem Telefon verbunden war, konnte Hughes bei seiner Demonstration vor der Royal Society Geräusche erzeugen, und man dachte auch schon daran, auf diese Weise die Punkte und Striche des Morsealphabets auch auf größere Entfernungen zu übertragen. Heinrich Hertz hingegen war so ausschließlich Wissenschaftler, daß er die Frage des Ingenieurs Heinrich Huber, ob man seine Entdeckung nicht technisch nutzen könne, 1889 rundweg verneinte.

Ganz anders dachte allerdings Sir William Crookes. Schon 1892 entwickelte er ein geradezu prophetisches Bild von den Zukunftsmöglichkeiten, die sich aus der Hertzschen Entdeckung ergeben müßten. In diesem Jahr entdeckte der Franzose Edouard Branly den Kohärer von neuem, den Sir Oliver Lodge verbesserte.

Die Hertzschen Wellen hatten unter den Physikern außergewöhnliches Interesse erregt. Allenthalben experimentierte man mit elektromagnetischen Wellen.

So stellte Ende 1892 Sir William Preece, der Chefingenieur der englischen Telegraphenverwaltung, im Bristolkanal Versuche zur drahtlosen Telegraphie an, wobei er die Induktionserscheinungen auszunutzen suchte. Sie stellten also keine Wiederholung der Hertzschen Versuche dar und dienten von vornherein ausschließlich praktischen Zwecken. Preece gelang es, eine telegraphische Verständigung zwischen zwei parallelen Küstenstrecken bei Arran und Kintyre in Schottland bis auf beträchtliche Entfernungen zu erzielen. Die Anlage bestand aus einer auf Stangen verlegten Wechselstromleitung von 1,158 km Länge als Primärleitung, die in rund 1000 m Höhe (auf einem Höhenzug) entlang geführt wurde (mit der Erde als Rückleitung). Eine zweite isolierte (Sekundär-) Leitung von etwa 548 m Länge auf der rund 5 km entfernten Insel Flatholm fing die Morsezeichen auf, wobei ein Telephon als Empfänger diente. Weitere Versuche in Schottland mit längeren Kabeln waren auf Entfernungen bis zu 8 km ebenso erfolgreich.

Eine Nachprüfung der Versuche von Preece führten 1894 Emil Rathenau und Heinrich Rubens auf Veranlassung der AEG auf dem Wannsee bei Berlin durch. Trotz der unvollkommenen experimentellen Mittel gelang es den beiden Forschern, bei einer Distanz der Primärelektroden von rund 500 m zwischen der elektrischen Zentralstation in Wannsee und Neu-

Kladow an der Havel eine vollkommen deutliche telegraphische Verständigung zu erzielen, und zwar über $4^1/_2$ km Entfernung und bei einer Drahtlänge von etwa 500 m.

In den Jahren 1889–1894 vervollkommnete Sir Oliver Lodge die Hertzsche Versuchsanordnung und versah sie etwa um 1892 mit einem Kohärer als Empfangsinstrument. Auch die gegenseitige Abstimmung von Sender und Empfänger, deren Wichtigkeit schon Hertz erkannt hatte, verfolgte er weiter. Um geringere Energieverluste und damit größere Reichweiten zu erzielen, entwickelte er den sogenannten «geschlossenen Schwingungskreis».

Auch der bekannte Hochfrequenztechniker Nicola Tesla beschäftigte sich im Jahre 1893 in Philadelphia erfolgreich mit dem Problem der elektrischen Wellen. Er legte damals bereits besonderes Gewicht auf die Resonanz im Empfänger, auf die Abstimmung, und arbeitete mit einem «hochgeführten Leiter», also einer Antenne. Wie sich aus seinen beiden amerikanischen Patenten, erst 1897 angemeldet und 1900 erteilt, ergibt, hat er vieles von dem, was Marconi später als geistiges Eigentum ansah, vorweggenommen, und tatsächlich ist auch Marconis amerikanisches Grundpatent von 1904 vom Obersten Amerikanischen Gericht im Jahre 1943 für nichtig erklärt worden. In der Urteilsbegründung heißt es, daß Tesla schon vor Marconi folgende Konstruktionsteile in seinen Apparaturen verwendete: den Kondensatorstromkreis und den Transformator zur Koppelung an den offenen Stromkreis der Antenne, also auch Synchronisierung dieser beiden Stromkreise mit Hilfe einer genauen Verteilung des induktiven Widerstandes, sei es im geschlossenen Stromkreis oder im Antennenstromkreis oder in beiden.

Zu den zahlreichen Forschern, die sich mit elektromagnetischen Fragen befaßten, gehörte auch der russische Physiker Alexander Stepanowitsch Popoff (1859–1905), der im Jahre 1895 in St. Petersburg ebenfalls die Versuche von Hertz wiederholte. Da er keine geeignete Sendeapparatur zur Verfügung hatte, wollte er zunächst elektrische Schwingungen, die bei atmosphärischen Entladungen entstehen, empfangen. Aus diesem Grunde hängte er einen «Aufnahmedraht» (Antenne) an Kinderballons auf. Als Empfangseinrichtung diente ihm ein Kohärer, der mit einer Batterie und einer elektrischen Klingel verbunden war.

Am 7. Mai 1895 hielt Professor Popoff vor der Russischen Physikalisch-Chemischen Gesellschaft in St. Petersburg einen Vortrag über das Verhalten von Metallpulver unter dem Einfluß elektromagnetischer Schwingungen und führte in seinen Experimenten die Kombination von Kohärer und Relais vor. Durch eine dicke Steinwand hindurch erhielt er Signale und meinte mit Recht, daß es nur einer technischen Vervoll-

kommnung der Apparate bedürfe, um auch über weite Entfernungen Sendezeichen auffangen zu können. In der Tat ertönte die Klingel, wenn in der Nähe elektrische Gewitterentladungen stattfanden. In der Folge hat dann Popoff – vor Marconi – mit einer regelrechten Hochantenne eine drahtlose Zeichenübermittlung zustande gebracht. Ob er eine richtige Vorstellung davon hatte, wie der Antennendraht wirkt, mag allerdings zweifelhaft erscheinen. Im Jahre 1900 meldete Popoff seinen Prioritätsanspruch an. Seine Versuche blieben aber ziemlich unbekannt; außerdem entwickelte er das von ihm erarbeitete Verfahren auch nicht weiter.

In Italien war Augusto Righi in Bologna einer der ersten, die sich, nachdem die Versuche von Hertz bekanntgeworden waren, mit der Erforschung elektromagnetischer Wellen beschäftigte. Mit den einfachen Geräten von Hertz waren günstigsten Falles Wellen von etwa 60 cm Länge zu erzielen. Righi stellte sich nun die Aufgabe, in dem Gebiet zwischen den kurzen Hertz-Wellen und den noch weit kürzeren Lichtwellen elektrische Wellen zu erzeugen. Er baute zunächst einen Schwingkreis, dessen Funkenstrecke aus drei Elektroden-Kugeln bestand. Damit erhielt er erheblich kürzere Wellen. Da die Kapazität seines Schwingungserzeugers zu groß war, schaltete er weitere Kugeln ein, die beim Übergang der Funken aufgeladen wurden, aber von den Zuleitungen unbeeinflußt blieben; mit dieser Anordnung konnte er Wellen von 2,6 cm Länge abstrahlen. Zum Empfang dieser mit geringer Energie ausgestrahlten Wellen benutzte Righi einen Spiegel, dessen Stanniolbelag er mit einem Diamanten durch einen überaus feinen Riß in der Mitte geteilt hatte (dem «Resonator»). Zwischen beiden Teilen konnte er beim Arbeiten seines Senders mit einer Lupe Funken erkennen und somit den Empfang elektrischer Wellen feststellen. Mit einem zweiten Spiegel vermochte er, genauso wie bei Lichtwellen, die elektromagnetischen Wellen zurückzuwerfen oder zur Deckung zu bringen.

Von Righi erhielt Marconi, der seine Experimentalvorlesungen 1894 besucht hatte, den unmittelbaren Anstoß zu seinen eigenen Versuchen, die er mit zäher Ausdauer und allein das Ziel vor Augen, die elektromagnetische Welle als Nachrichtenmittel zu nutzen, zu glücklichem Ende führte.

Hertz' Sender, den Oszillator schließlich hatte Marconis Lehrer Righi verbessert. Marconi hat es verstanden, den Branlyschen Kohärer, Righis Oszillator und die von Popoff erfundene Antenne und manch anderes, was vor ihm über die elektromagnetischen Wellen erarbeitet worden war, geschickt zu vereinigen; er selbst steuerte als wesentliche Eigenerfindung die im Jahre 1895 von ihm erfundene geerdete Senderantenne bei, durch die es zum ersten Male möglich wird, hochfrequente Schwingungen auf größere Entfernungen zu übertragen. Und so glückte der entscheidende Wurf: Nach erfolgreichen Vorversuchen auf der Reede von Spezia 1896,

wo bereits eine Strecke von 3 km drahtlos überbrückt wurde, erhielt er am 2. Juni 1896 das britische Patent 12 039.

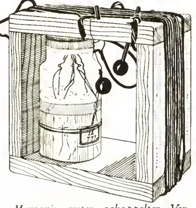
Im Jahre 1897 setzte Marconi seine Versuche in England fort, und zwar mit Unterstützung von William H. Preece, genau an der gleichen Stelle, an der dieser ein paar Jahre zuvor seine Experimente angestellt hatte: am Bristolkanal zwischen Lavernock Point und Flatholm. Hier gelang es, eine Entfernung von 5,5 km zu überbrücken. Bei diesen Versuchen war Adolf Slaby zugegen, der darüber in einem Vortrag 1897 sagte: «Es wird mir eine unvergeßliche Erinnerung bleiben, wie wir, des starken Windes wegen in einer Holzkiste zu Fünfen übereinander gekauert, Augen und Ohren mit gespanntester Aufmerksamkeit auf den Empfangsapparat gerichtet, plötzlich nach Aufhissung des verabredeten Flaggenzeichens das erste Ticken, die ersten deutlichen Morsezeichen vernahmen, lautlos und unsichtbar herübergetragen von jener felsigen, nur in undeutlichen Umrissen wahrnehmbaren Küste, herübergetragen durch jenes unbekannte, geheimnisvolle Mittel, den Äther, der die einzige Brücke bildet zu den Planeten des Weltalls.»

Bald konnte Marconi die ganze Breite des Bristolkanals von 14,5 km überbrücken, wobei man auf beiden Seiten die Antennendrähte durch Drachen in die Luft emporführte.

Bereits 1897 war in England die «Marconi Wireless Telegraph Co. Ltd.» gegründet worden, die Marconis Patente ausnützte und es in der Folge stets verstand, auf der Höhe der Entwicklung zu bleiben, so daß sie ihre Weltgeltung behaupten konnte. Es wurden zahlreiche Funkstationen errichtet; die Sendeenergien und die Reichweiten vergrößerten sich.

Am 3. Juni 1898 sendet der große Physiker Lord Kelvin das erste bezahlte Radiotelegramm. Am 27. März 1899 stellte Marconi die erste drahtlose Verbindung zwischen England und Frankreich her; zwei Jahre später, am 12. Dezember 1901, vermochte er erstmals den Atlantik zu überbrücken, wobei zwischen der 1900 eingerichteten englischen Funkstelle Poldhu und Neufundland über eine Entfernung von 3600 km der Buchstabe S als Morsezeichen übermittelt wurde. Zwei Jahre danach wird die erste Pressemeldung drahtlos über den Ozean gegeben, und am 8. Februar 1903 erscheint an Bord des Dampfers «Minneapolis» auf der Überfahrt von Europa nach Amerika die erste Funkbordzeitung. Die ursprünglich primitiven Geräte wurden schon sehr bald durch bessere ersetzt, und Marconi ersann auch selbst außer der Verbesserung des Fritters Neuerungen, wie die rotierende Funkenstrecke, die ähnlich wie die längere Zeit in Deutschland verwendete Löschfunkenstrecke arbeitete. Im Jahre 1909 erhielt er, zusammen mit Ferdinand Braun, den Nobelpreis für Physik verliehen. Viel hat er der Unterstützung durch Preece zu verdanken, dem

sehr an einer drahtlosen Verbindung mit Feuerschiffen und Leuchttürmen an der Westküste Englands gelegen war.



Marconis erster gekoppelter Versuchssender von 1899. Der Holzrahmen hatte die Abmessungen 19 × 19 × 12 cm

Adolf Slaby (1849–1913), der am 10. Mai 1897 an den ersten großen Versuchen Marconis teilgenommen hatte, wiederholte sie erfolgreich nach seiner Rückkehr noch im Juni, indem er die Technische Hochschule in Berlin-Charlottenburg mit der Chemischen Fabrik von A. Böhringer am Salzufer drahtlos verband. «Der Versuch glückte sofort», so berichtet Slaby, «doch zog ich vor, ihn schleunigst abzubrechen, da eine Anfrage des Fernsprechamts einlief, ob am Salzufer örtliche Gewitter aufträten. Sämtliche Linien dorthin seien gestört. Wir lagen mit unserem Strahlapparat Fernsprechdrähten zu nahe. Die nächste Verbindung erfolgte mit dem Wohnhause eines meiner Assistenten (nämlich des Grafen Arco) an der Ecke der Berliner und der Sophienstraße.» Die Entfernung betrug in Luftlinie etwa 1/4 km. Slaby ließ seine Luftdrähte durch Ballons 300 m hoch emporheben. Weitere Versuche folgten. Am 7. Oktober 1897 konnte bereits eine Entfernung von 21 km überbrückt werden, im folgenden Jahre 48 km.

An der Entwicklung des Systems Slaby-Arco, das von der AEG zur praktischen Auswertung übernommen wurde, hatte Georg Graf von Arco (1869–1940), Slabys Assistent, hervorragenden Anteil. Diese beiden schufen in der Folge das erste deutsche System im Bereich der neuen Fernmeldetechnik. Zunächst kam es zu einem heftigen Wettstreit mit dem von Siemens & Halske vertretenen System von Ferdinand Braun (1850–1918); unter Leitung von Jonathan Zenneck, dem Assistenten Brauns, waren für dieses System Außenversuche an der Nordsee unternommen worden. Ferdinand Braun, Physikprofessor in Straßburg, hatte 1897 die «Braunsche Röhre», einen Kathodenstrahl-Oszillographen, geschaffen, den er zur Untersuchung elektromagnetischer Schwingungen entwickelt hatte; später wurde diese Braunsche Röhre zu dem so wichtigen Gerät der Fernsehtechnik (s. Tafel S. 206). Braun war sich darüber klargeworden, daß die vom Funkensender ausgestrahlte Energie sehr schnell abnahm. Er schaltete daher zwischen Energiequelle und Antennenkreis einen Zwischenkreis; hierdurch wurde die Sendeleistung wesentlich erhöht, und die Abstrahlung erfolgte

sehr stetig. Dieser 1898 geschaffene sogenannte gekoppelte Sender bedeutete einen erheblichen Fortschritt. In diesem System verwendete Braun anstelle des hier wenig brauchbaren, weil unzuverlässigen Kohärers oder Fritters den von ihm entwickelten Kristalldetektor, der, im Gegensatz zum Fritter, besonders gute Empfangsergebnisse erzielte, wenn man zum Hörempfang überging und auf den Morseschreiber verzichtete. Im Jahre 1898 wurde die Gesellschaft «Professor Brauns Telegraphen-GmbH.» gegründet. 1901 entwickelte Braun ferner die sogenannte Schwungradschaltung, das heißt eine Schaltung der Antenne für lange Wellen, die gegen atmosphärische Störungen weniger empfindlich war. 1913 verwendete er die Rahmenantenne zum Richtempfang.

Im Jahre 1903 kam es zur Verschmelzung der beiden konkurrierenden Gesellschaften unter der Firma «Telefunken-Gesellschaft», der Graf Arco (bis 1931) als Direktor angehörte. Graf Arco hat selbst eine Reihe technischer Verbesserungen angegeben und sich auch für Erfolg versprechende Gedanken anderer eingesetzt, so etwa für den von Max Wien angegebenen Löschfunkensender. Er hatte auch eine glückliche Hand in der Wahl seiner Mitarbeiter, zu denen u. a. Wilhelm Schlömilch und Otto von Bronk gehörten.

Die Mängel der Braunschen Sendeschaltung beseitigte Max Wien, 1904 als Professor der Physik nach Danzig berufen, durch die Löschfunkenstrecke. Die mit dieser Anordnung erzielten Schwingungen hatten praktisch nur eine einzige Wellenlänge und waren nahezu ungedämpft. 1906 wurden von Telefunken die ersten Löschfunkensender gebaut und 1908 allgemein eingeführt.

Im Jahre 1906 errichtete Telefunken in Nauen den ersten 100 m hohen Mast dieses Großsenders, der eine Reichweite von 3600 km hatte. Er wurde 1911 auf 200 m erhöht, fiel aber ein Jahr darauf einem Sturm zum Opfer. Im Jahre 1918 folgte ein zweiter Mast von 260 m Höhe: Erstmals wird mit «Hertzschen Wellen» einer Reichweite von 20 000 km der Erdball umspannt.

Besondere Bedeutung erlangte die Einrichtung von Bordstationen auf Schiffen. Hier galt es zunächst, die Monopolbestrebungen der Marconi-Gesellschaft zu überwinden, die die Notrufe von Schiffen nur dann berücksichtigte, wenn sie nach ihrem System gegeben wurden. Im Jahre 1901 sandten zwei Schiffe die ersten Funknotrufe: die Bark «Medora», die an der Ratel-Bank strandete, und die «Princesse Christine». Es kam zu einer internationalen Einigung, die ja im Interesse der Allgemeinheit lag: Der internationale Seenotruf SOS (später populär als «Save our Souls – Rettet unsere Seelen» gedeutet) wurde 1906 auf der Seefunk-Konferenz in Berlin vereinbart, auf der die Telefunken- und die Marconi-

Gesellschaft zum Abschluß eines Seefunkvertrages gelangten, der später von 27 Ländern ratifiziert wurde. Erst dieser Vertrag schuf die Seenothilfe «ohne Ansehen der Nationalität der Schiffe und des verwendeten Funksystems». 1910 hatte Telefunken bereits 78 deutsche und auch einige ausländische Schiffe mit Funkstellen ausgestattet. Sie gründete zu Beginn des folgenden Jahres eine Tochtergesellschaft, die sich ausschließlich dieser Tätigkeit widmen sollte, die «Deutsche Betriebs-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie» (Debeg). 1913 wurde auf der Londoner Konferenz bestimmt, daß alle Schiffe, einschließlich Segler, die Fahrten zwischen Häfen der Vertragsländer machen und 50 oder mehr Personen an Bord haben, mit funkentelegraphischen Apparaten ausgerüstet sein müssen. Ein englisches Gesetz von 1920 zwang alle Schiffe über 1600 Tonnen, die englische Häfen anliefen, dazu, ebenfalls Sende- und Empfangsgeräte mit sich zu führen.

Eine wesentliche Verbesserung der Funkgeräte schuf der Österreicher Robert von Lieben. Er knüpfte an eine Entdeckung von Arthur Wehnelt (1903) an, wonach Erdalkalioxyde bei Erhitzung unter geringen Spannungen Kathodenstrahlen aussenden. Diese Ergebnisse prüfte Lieben 1905 in seinem Wiener Laboratorium nach und konstruierte mit Hilfe der Wehneltschen Kathode sein «Kathodenstrahlen-Relais» – die Lieben-Röhre, auf die er 1906 sein Grundpatent nahm. Mit Eugen Reiß und Siegmund Strauß verbesserte er sie in den Jahren 1907 bis 1910, und 1912 war sie reif für die praktische Verwendung. Ein Prüfungskonsortium, dem auch Emil Rathenau und Graf Arco angehörten, prüfte die Eignung der Lieben-Röhre als Senderöhre, und Telefunken nahm die Weiterentwicklung in die Hand.

Um die Entwicklung von Röhren bemühten sich etwa um die gleiche Zeit John Ambrose Fleming in England und Lee de Forest in Amerika. Fleming, der ebenfalls von den Versuchen Wehnelts ausging, war der erste, der eine Audionröhre (= Hörrohr) zum Patent anmeldete (1904). Im weiteren Verlauf seiner Arbeiten benutzte Fleming einen Glühkathoden-Gleichrichter, den «Fleming-Detektor». Lee de Forest baute die erste mit Gitter versehene Audionröhre, rüstete 1906 die Schnellzüge der Chicago- und Altonbahn zwischen Chicago und St. Louis mit Apparaten für Funktelegraphie ein und gab auch die ersten Audionschaltungen an (1908), wodurch in einem Arbeitsgang die empfangenen Zeichen verstärkt und gleichgerichtet werden. Durch das Gitter zwischen der glühenden Kathode und der Anode konnte man den Elektronenstrom steuern.

Den bedeutendsten Fortschritt brachte dann die Erfindung der Hochfrequenzverstärkung mit der Elektronenverstärkerröhre durch Otto von Bronk für den Empfang drahtloser Wellen, insbesondere auch für den

Empfang mit Rahmenantennen. Otto von Bronk wirkte 27 Jahre lang für Telefunken.

Ebenfalls im Dienst von Telefunken schuf Alexander Meißner 1913 die Rückkopplungsschaltung im Röhrensender. Das Wesen der Rückkopplung besteht darin, daß ein Teil der erzeugten Sendeenergie dazu benützt wird, den Sender zu steuern. Das wurde für die Empfangstechnik von größter Bedeutung. Alle Kulturstaaten patentierten das Verfahren, das Telefunken in die Praxis einführte.

Mit einer ganzen Reihe wichtiger Erfindungen hat Marconi wiederholt in diese Entwicklung eingegriffen: Der geschlossene abgestimmte Schwingungskreis und die gekoppelte abgestimmte Sende- und Empfangsantenne, die rotierende Funkenstrecke und die Hohlspiegel-Richtantenne stammen von ihm. Mit einer Fülle von Ehrungen haben seine Heimat und die Welt ihm gedankt, er wurde Senator, Marchese und schließlich Präsident der Italienischen Akademie der Wissenschaften. Dennoch wurde es allmählich stiller um ihn, dessen Name in den Jugendtagen des Funks in aller Mund gewesen war. Das Reich der elektro-magnetischen Wellen war so riesengroß geworden, daß der einzelne zurücktrat. Hin und wieder kam dann wohl eine etwas sensationell aufgemachte Nachricht von Bord seiner Jacht «Elektra», die die Welt an ihn erinnern sollte. Neue Wege aber hat Marconi der von ihm eingeleiteten Funktechnik nicht mehr gezeigt. Am 20. Juli 1937 ist er gestorben, in dem Jahre, das noch einmal alle Nationen bei der großen Pariser Weltausstellung friedlich vereinte; im Italienischen Pavillon dieser Ausstellung konnte man die primitive Apparatur sehen, mit der Guiglielmo Marconi genau vierzig Jahre vorher den ersten entscheidenden Schritt in der drahtlosen Telegraphie gemacht hatte.

Einen Sender, der unter Ausnutzung des elektrischen Lichtbogens ungedämpfte Schwingungen ausstrahlte und so die drahtlose Übertragung von Sprache und Musik durch den Raum ermöglichte, schuf der dänische Ingenieur Valdemar Poulsen. Er wurde erstmals 1900 durch die Pariser Weltausstellung bekannt, wo er sein «Telegraphon» vorführte (s. Tafel S. 205), eine Konstruktion, durch die Telephongespräche, aber auch beliebige Sprache und Musik leicht reproduzierbar aufgenommen werden konnte. Für die Radiotechnik wurde Poulsens Lichtbogensender von großer Bedeutung. Bereits William Du Bois Duddell und Hermann Theodor Simon hatten gezeigt, daß man mit einem Lichtbogen elektrische Schwingungen erzeugen kann: die «singende Bogenlampe». Diese Schwingungen waren aber zu langsam, und Poulsen konstruierte 1902–1903 einen Lichtbogensender zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen in einer für die Radiotechnik brauchbaren Form, wobei er sich auch das von Tesla angegebene

System zunutze machte. Auf jeden Fall ermöglichten Poulsens Arbeiten erstmals auch eine drahtlose Telephonie, die er gemeinsam mit dem dänischen Physiker Peder Oluf Pedersen entwickelte.

Der englische Physiker William du Bois Duddell und Hermann Theodor Simon in Erlangen waren es, die 1894 und 1899 den Weg zur drahtlosen Übertragung der Sprache – zur Funktelephonie – gewiesen hatten. Duddell brachte den elektrischen Lichtbogen ohne Mikrophon, also ohne äußere Schallquelle, zum Tönen, und Simon machte die Entdeckung, daß die elektrische Bogenlampe als telephonischer Empfangs- bzw. Sendeapparat verwendet werden kann. Ernst Ruhmer, der sich um die Weiterentwicklung der Lichtwellen-Telephonie verdient gemacht hat, konnte 1902 auf 17 km Entfernung zwischen dem Kaiser-Wilhelms-Turm im Grunewald und der Pfaueninsel mit großer Deutlichkeit drahtlose Gespräche führen; sehr bald darauf wurde eine Entfernung von über 35 km erreicht.

Die ersten drahtlosen Fernsprechversuche in größerem Maßstab fanden 1906 mit Hilfe des Poulsenschen Lichtbogensenders und der Serien-Lichtbogenanordnung von Schapira statt. Sechs Jahre später setzte man beim drahtlosen Fernsprechen eine Hochfrequenzmaschine ein. Und im Jahre 1913 wurde in Amerika mit einer solchen Maschine von der Großstation Sayville aus die erste musikalische Rundfunkübertragung durchgeführt. Der Krieg unterbrach die Fortentwicklung. Erst 1919 wurde wieder mit einem regelmäßigen – telegraphischen – Presserundfunk begonnen. Zur gleichen Zeit unternahm man mit einem Sender der damaligen Hauptfunkstelle Königswusterhausen Versuche zur Sprachübertragung, und vom Sommer 1920 ab verbreitete ein Lichtbogensender auf Welle 3500 (später 3700) m Schallplattenmusik und am 22. September 1920 erstmals in Deutschland eine Instrumentalkonzertübertragung. Im folgenden Jahr erfolgte die Umstellung des telegraphischen Presserundfunks auf Telephonie, und 1922 – in diesem Jahr ist die britische Rundfunkgesellschaft, spätere British Broadcoasting Corporation BBC gegründet worden – wurde der gesprochene Wirtschaftsfunk durchgeführt. Von Mitte Mai 1923 an konnte man schon regelmäßig Sonntagskonzerte von Königswusterhausen hören. Außerdem strahlte auch der Telefunken-Sender Tempelhofer Ufer in Berlin auf Welle 420 Versuchssendungen aus. Die Möglichkeit eines reinen Unterhaltungsrundfunks rückte in greifbare Nähe, zumal bereits 1922 die Gründung der Gesellschaft «Deutsche Stunde für drahtlose Belehrung und Unterhaltung» aus der Taufe gehoben worden war. Staatssekretär Hans Bredow, der Direktor bei Telefunken gewesen war, setzte sich nach seinem Übertritt ins Reichspostministerium in seiner Eigenschaft als Rundfunkkommissar nachdrücklich für den Ausbau des Rundfunks ein und

richtete das Reichsrundfunknetz ein. Im September 1923 erhielt das Reichspostzentralamt vom Reichspostministerium den Auftrag, in kürzester Frist einen Rundfunksender zu bauen. Das geschah im Zeitraum von zwei Wochen. Dieser erste deutsche Rundfunksender war in Berlin in einem armseligen Dachraum des Vox-Hauses in der Potsdamer Str. 4 untergebracht und arbeitete mit einer Antenne, die rund 20 m hoch war.

Die offizielle Eröffnung des deutschen Unterhaltungsrundfunks – für die Presse – erfolgte am 15. Oktober 1923 mit einem Konzert auf Welle 2700, übertragen von Königswusterhausen. Das erste öffentliche Konzert brachte Berlin am 29. Oktober auf Welle 400. Mit Beginn des Jahres 1924 setzte das Reichspostministerium die Rundfunkgebühren auf 60 Reichsmark fest.

Die folgenden Jahre brachten einen großzügigen Ausbau der Sendernetze in allen Ländern. Der österreichische Rundfunk begann seine öffentlichen Sendungen am 1. Oktober 1924, der schweizerische mit dem Flugplatzsender Champ-de-l'Air in Lausanne am 22. August 1922. Und heute hört man nicht nur in aller Welt Radio, heute ist auch das Fernsehen weltweit verbreitet.

Angefangen hat das, was wir heute Fernsehen oder Television nennen, mit der Überlegung, ob und wie man wohl ein Bild elektrisch übertragen könne. Der Schotte Alexander Bain gab schon 1843 das dafür noch heute gültige Prinzip an: Man müßte das Bild zeilenweise abtasten und diese «Eindrücke» als elektrische Impulse übertragen. Praktisch brauchbar war allerdings erst die Erfindung des aus Lauenburg in Pommern stammenden Ingenieurs Paul Nipkow (1860–1940), die «Nipkow-Scheibe» von 1884 mit ihren spiralförmig angeordneten Löchern zur mechanischen Bildzerlegung. Der durch jeweils ein Loch auf das Bild fallende Lichtstrahl tastete infolge der spiralförmigen Anordnung der Löcher das Bild zeilenweise ab; so, wie man das Bild mit dieser Scheibe beim Senden zerlegte, konnte man es beim Empfang auch zur Wiedergabe benutzen. Paul Nipkow hat den Triumph seiner Erfindung, mit der er 45 Jahre zu früh gekommen war, noch erlebt: Seit 1929, als man erstmals allen Ernstes daranging, das Fernsehen zu verwirklichen, hat man seine Lochscheibe zum Zerlegen des Bildes bei der Aufnahme und zum Bildaufbau beim Empfang benutzt – bis 1943 sind Filme, die man drahtlos übertrug, nach einem verbesserten Nipkow-Verfahren abgetastet worden (s. Tafel S. 206).

Aber die Lochscheibe war als mechanisches Instrument doch zu schwerfällig, bewegte Bilder mit der für ihre Übertragung notwendigen Schnelligkeit aufzunehmen und wiederzugeben. Max Dieckmann (* 1882), ein Schüler des Straßburger Professors Ferdinand von Braun, kam 1906 auf den Gedanken, den von seinem Lehrer erfundenen Elektronenstrahl-

Oszillographen – die «Braunsche Röhre» – zur Bildzerlegung zu benutzen. Der schwerelose Elektronenstrahl dieser Röhre mußte doch unverhältnismäßig rascher arbeiten als der mechanische Bildzerleger! In der Tat gelang es Dieckmann gemeinsam mit Gustav Glage, mit der Braunschen Röhre zwanzigzeilige Schattenbilder zu «schreiben». Was dieser ersten Verwirklichung folgte, war Teamwork von rund zwei Jahrzehnten. Die Entwicklung der Verstärkerröhren nach dem ersten Weltkrieg brachte dann wesentliche Fortschritte: 1919 sendete der Ungar Denes von Mihály mit einem oszillographischen Bildzerleger die Umrisse von Buchstaben sowie Schattenbilder über mehrere Kilometer, und 1925 konstruierte dann wiederum Max Dieckmann in Zusammenarbeit mit Rudolph Hell jenen auf der Braunschen Röhre beruhenden Elektronen-Bildzerleger, der noch heute der wesentliche Bestandteil der Fernsehapparatur ist. Mitgewirkt bei dieser Konstruktion hat Rudof Hell, dessen als «Hellschreiber» bekanntes Fernschreibgerät ebenfalls auf einem Zerlegen der zu übertragenden Zeichen in einzelne Bildelemente beruht.

Das Jahr 1925 brachte dann auch die ersten praktischen Fernsehvorführungen, in Deutschland durch den Physiker August Karolus (* 1893), der ein eigenes Verfahren der Bildtelegraphie des Fernsehens und des Tonfilms mit Hilfe der nach ihm benannten Karoluszelle entwickelt hatte. Diese Karoluszelle erzeugt Helligkeitsschwankungen auf Grund des seit 1875 bekannten Kerr-Effekts, worunter man die optische Doppelbrechung bestimmter Stoffe im elektrischen Feld versteht. Fast gleichzeitig mit Karolus machten I. L. Baird in England und Charles Francis Jenkins in den USA die Television bekannt. Zwei Jahre später wurden dann in den Vereinigten Staaten von Herbert Eugene Ives bereits 50zeilige Fernsehbilder drahtlos über 40 Kilometer, mit Draht über 330 Kilometer übertragen.

Eine 30zeilige Fernsehapparatur, die Denes von Mihály konstruiert hatte, brachte sodann die Deutsche Reichspost, die Entscheidendes für den Fernsehfunk getan hat, am 31. 8. 1928 heraus; vom Berliner Mittelwellensender am Bahnhof Witzleben wurden vom Frühjahr 1929 an regelmäßig mittags eine Stunde und außerdem nachts Stummfilme und etwas Aktuelles gesendet. Aber erst am 22. März 1935 wurde der deutsche Fernsehfunk eröffnet. Jetzt genügten nicht mehr ein Studio von $1{,}5 \times 1{,}5$ Meter Grundfläche und eine Nachwuchsschauspielerin als Personal – im kärglichen Etat erschien die Dame als Postfacharbeiterin –, sondern man ging bald auch an Kabarett-Sendungen, und in den großen Städten gab es öffentliche Fernsehstuben. Inzwischen waren allerdings Verbesserungen gelungen, vor allem durch das Ikonoskop des Amerikaners Vladimir Kosma Zworykin von 1931. Mit diesem Gerät wurde der trägheitslose

Elektronenstrahl auch für die direkte Aufnahme von Vorgängen dienstbar gemacht.

Schnell ging dann die Entwicklung weiter; 1939 kam der deutsche Einheits-Fernsehempfänger (für 441 Zeilenperioden je Bild und 50 Halbbilder je Sekunde) heraus, doch gelangten die ersten Stücke nur in die Hände weniger Bevorzugter – der Krieg brach das, was so vielversprechend begonnen hatte, ab, nicht nur in Deutschland, das erst 1952 den Fernsehfunk wieder aufnehmen konnte.

Die Geschichte dessen, was heute meist mit dem englischen Begriff RADAR bezeichnet wird – die Abkürzung steht für *R*adio *D*etection *a*nd *R*anging: Erkennen und Entfernungsmessen mit Funkwellen –, die Geschichte also der Funkmeßtechnik, Funkortung, Funknavigation und Funkpeilung beginnt bereits 1902. In diesem Jahr ist der aus Ratingen bei Düsseldorf stammende Ingenieur Christian Hülsmeyer (1881–1957) mit seinem «Telemobiloskop» fertig, auf dessen Idee ihn seine Versuche mit Hertzschen Wellen gebracht hatte. Was dieses Telemobiloskop leisten sollte, das verrät die Patentschrift Nr. 165 546: Ab 30. April 1904 ist Herrn Hülsmeyer in Düsseldorf das «Verfahren patentiert, um entfernte Gegenstände mittels elektrischer Wellen einem Beobachter zu melden» (s. Tafel S. 405). Die Zeichnung auf der Patenturkunde zeigt am Beispiel zweier Schiffe deutlich, was Hülsmeyer wollte: Die von einem Fahrzeug bei unsichtigem Wetter ausgesandten Wellen sollten auf das entgegenkommende oder ein Hindernis auftreffen, von dort zurückgeworfen und von einem Empfänger aufgefangen werden; das Echo, in ein Licht- oder Schallsignal umgesetzt, würde rechtzeitig vor einer Kollision warnen. Hülsmeyer hat seine Apparatur in der Praxis erprobt. Am Rheinufer stand sein Telemobiloskop-Sender, und jedes Mal, wenn ein Dampfer die von den Funkwellen bestrichene Stelle passierte, klingelte es, oder – bei anderer Versuchsanordnung – leuchtete eine Lampe auf. Eine solche Erfindung mußte doch Interesse finden! Aber Hülsmeyer war ein armer Teufel; er brauchte Geld, um wirklich brauchbare Geräte entwickeln zu können. Die vermögende Verwandtschaft zuckte die Achseln, auf eine Anzeige in der Kölnischen Zeitung, in der Hülsmeyer einen finanzkräftigen Teilhaber suchte, meldete sich niemand, in den Fachzeitschriften wurde die Erfindung nur kurz zur Kenntnis genommen, der Internationale Schiffahrtskongreß von 1904 fand zwar «schöne Worte der Anerkennung», tat aber nichts, und im Reichsmarineamt fertigte man Hülsmeyer mit der Bemerkung ab, man habe «eigene, bessere Ideen». So gab er es auf.

Das Reichsmarineamt hatte damals, als es Hülsmeyers Telemobiloskop ablehnte, durchaus keine besseren, ja nicht einmal eigene Ideen gehabt.

30 Jahre später war das anders – kein Wunder, denn inzwischen war die Funktechnik mit Riesenschritten vorwärts gegangen. Im März 1934 arbeiteten nun tatsächlich Fachleute der deutschen Marine mit eigenen Ideen und unter besseren Voraussetzungen an einem Gerät zur Entfernungsmessung mit Hilfe elektrischer Wellen. So entstand das Ortungsgerät «Seetakt», das sich durchaus bewährte; die Echoimpulse wurden als Schallsignale empfangen. Später arbeitete man nicht mehr mit Tonmodulation, sondern mit der Braunschen Röhre; aus den Zacken, die vom Sende-Impuls und vom Echo auf den Leuchtschirm geschrieben werden, lassen sich Standort und Entfernung des von den Wellen der Richtantenne erfaßten Objektes ermitteln.

Aus den deutschen Erprobungen hatte man geschlossen, daß es am besten sei, mit Dezimeterwellen zu arbeiten. Erst später sollte man erkennen, wieviel bessere Ergebnisse die Zentimeterwellen brachten – zu spät für Deutschland, als die Bomberströme der Alliierten mit 9-cm-Wellen erschreckend präzise ins Zielgebiet gelenkt wurden und die deutschen U-Boote, von den Radargeräten erfaßt, schwerste Verluste erlitten. Und selbst dann wollte man es nicht wahrhaben – obwohl der Jenaer Physiker Professor Abraham Esau bereits 1938 4,4-mm-Wellen erzeugt und auf die Wichtigkeit dieser Ultrakurzwellen hingewiesen hatte.

Um die gleiche Zeit, als die GEMA in Deutschland das Gerät «Seetakt» und daraus für die Luftwaffe das Ortungsgerät «Freya» (1939 bereits über 100 km Reichweite) entwickelte, arbeitete man auch in England, in Frankreich und in den USA an ähnlichen Ortungsgeräten für die Schiffs-, Küsten- und Luftabwehr-Artillerie. Entscheidend für die weitere Entwicklung der Funkmeßtechnik wurde eine Denkschrift, die der schottische Physiker Sir Robert Watson-Watt (* 1892) im Februar 1935 dem kurz zuvor vom britischen Luftfahrtministerium geschaffenen Forschungs-Komitee für Luftverteidigung vorlegte: Im Herbst war der Plan einer Radar-Kette an der britischen Küste fertig, im März 1938 arbeiteten die ersten Stationen zum Schutz der Themse-Mündung.

Der zweite Weltkrieg brachte eine stürmische Entwicklung in allen kriegführenden Ländern. Jetzt wurden Funkortungs- und Radargeräte nicht nur zum Auffinden feindlicher Flugzeuge oder Schiffe gebaut, sondern auch als Peilgeräte, an deren Leitstrahlen die Flugzeuge sicher ins Einsatzgebiet geführt wurden.

Es würde schon zu weit führen, hier alle die während des Krieges und später entstandenen Verfahren der Funkortung auch nur zu nennen – die zivile Luftfahrt verdankt ihnen heute die hohe Sicherheit des Flugverkehrs. Erwähnt werden muß aber noch die britische Erfindung der «gläsernen Landkarte» von 1941. In Deutschland ist sie als «Rotter-

damgerät» bekannt, weil man dieses Wunder der Zentimeterwellen-Elektronik, das in der Royal Air Force «Mickey» oder «H_2S» hieß, erstmals in einem 1943 nahe Rotterdam abgeschossenen britischen Bomber sah: Die Echos der von einer rotierenden Richtantenne ausgestrahlten, stark gebündelten Hochfrequenzimpulse zaubern ein sehr genaues Bild der überflogenen Landschaft auf den Bildschirm auch bei Nacht und Nebel oder geschlossener Wolkendecke.

Ein weiter Weg liegt zwischen Hülsmeyers Telemobiloskop von 1904, zwischen dem ersten Drehfunkfeuer von 1917 an der Nordseeküste zwischen Cleve und Tondern, zwischen Marconis Drehfunkfeuer auf Inch-Keith-Island im Firth of Forth, das zum ersten Mal eine Hohlspiegel-Richtantenne hatte, und den zahlreichen Radar-Verfahren von heute, die Schiffe und Flugzeuge sicher auf unsichtbaren Straßen leiten.

Im Zeitalter der ferngesteuerten Raketen und Flugkörper mag schließlich noch interessieren, wem als erstem eine solche Fernlenkung gelungen ist. Es war der Franzose Edouard Branly, derselbe, der den Kohärer wiedererfunden hat; er lenkte im Juni 1905 auf der Reede von Antibes ein unbemanntes Torpedoboot vom Land aus «telemechanisch» drahtlos, regelte dabei auch die Fahrtgeschwindigkeit und ließ das Schiff dazu noch einen Torpedo abschießen.

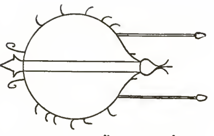
Die Technik greift in den Kosmos

Am 4. Oktober 1957 bekam die gute alte Erde erstmals einen «technischen Mond» – den ersten «Sputnik». Eine Mehrstufenrakete, abgefeuert in der Sowjetunion, hatte ihn auf seine Bahn gebracht. Bald folgten weitere «Sputniks» aus dem Osten und eine Reihe von «Explorers» und «Discoverers» aus dem Westen unserer zweigeteilten Welt, und am 3. Januar 1959 erhielt die Sonne ihren ersten künstlichen Planeten, den «Lunik» mit der offiziellen Bezeichnung «XXI. Parteitag», ebenfalls von einer sowjetischen Mehrstufenrakete hinausgetragen in den Kosmos. Auf «Lunik» folgte am 3. März 1959 der amerikanische «Pioneer IV», der als zweiter von Menschenhand geschaffene Kleinstplanet die Sonne umkreist. Der erste Schuß ins Weltall aber war schon mehr als 15 Jahre vorher erfolgt, am 3. Oktober 1942, als sich eine 13,5 Tonnen schwere Rakete vom Typ A 4 (bekannter unter der Bezeichnung V 2) auf dem Prüfstand VII der «Heeresanstalt Peenemünde» vom Starttisch abhob und in rund 10 Kilometer Höhe doppelte Schallgeschwindigkeit erreichte.

Bis dahin freilich war es ein weiter Weg gewesen, auf dessen Meilen-

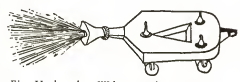
steinen die Namen von Träumern und Praktikern, von Forschern und Soldaten, von Dichtern und Technikern eingegraben stehen.

Die ältesten Urkunden, die wir über den Antrieb mit Hilfe von Raketen haben, stammen aus China. Im Reich der Mitte, in dem auch heute noch jedes Feuerwerk ungemein beliebt ist, hat man wahrscheinlich um das Jahr 1200 die ersten, dem Schießpulver ähnlichen Treibsätze erfunden, und 1232 tritt die Rakete ins Licht der Geschichte. Bei der Verteidigung einer chinesischen Stadt gegen die Mongolen werden «fe-i-ho-tsing – Pfeile des fliegenden Feuers» verwendet, nach der Beschreibung nichts anderes als Pulverraketen, die einen brennenden Pfeil in die Reihen der Feinde trugen. Ein halbes Jahrhundert später beschreibt nicht nur der Araber Hassan Al Rammah in seinem «Buch vom Reiterkampf und von den Kriegsmaschinen» ein «selbstbewegliches, brennendes Ei» – einen von zwei Pulverraketen angetriebenen Brander –, sondern auch im Abendland kennt man die Rakete: Die beiden großen Vorläufer der europäischen Naturforschung, Roger Bacon, der «Doctor mirabilis», und Albertus Magnus, der «Doctor universalis», notieren um 1250 Pulverrezepte für Raketen, und 1258 hören wir aus Köln von Raketen, die dann in den nächsten Jahrhunderten immer wieder in den Büchern der Kriegsingenieure auftauchen, so auch bei Kyeser (s. S. 72). Um die gleiche Zeit wie Kyeser, 1420, beschreibt der Italiener Joanes de Fontana sogar bereits einen Raketenwagen. Geschütz und Gewehr verdrängten aber bald die Rakete als Waffe fast völlig – immerhin verfügte zum Beispiel die brandenburgische bzw. preußische Armee noch 1668 und 1730 über schwere bombentragende Raketen.



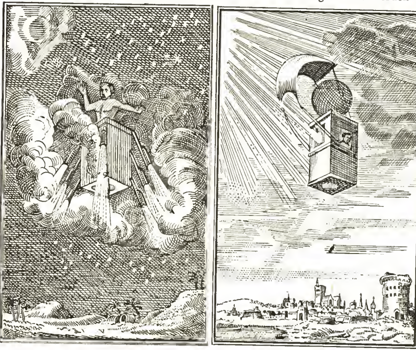
1280 schrieb der Araber Hassan Al Rammah sein «Buch vom Reiterkampf und den Kriegsmaschinen», in dem sich dieses Bild eines von zwei Pulverraketen angetriebenen Torpedos befindet

Im 17. Jahrhundert taucht nun die Rakete zum ersten Mal auch in der utopischen Literatur auf, die von Fahrten zur Sonne, zum Mond, zu anderen Planeten träumt. Am Anfang dieser Literatur steht die «Wahre Geschichte» des Lukianos von Samosata (125–180 n. Chr.), der eine Reise



Ein Urahn der Weltraumrakete: Der italienische Ingenieur Joanes de Fontana zeichnete um 1420 diesen Raketenwagen

zum Mond beschreibt. Im «Somnium» des großen Johannes Kepler von 1634 ist ebenfalls von einer Reise zum Mond die Rede, desgleichen in dem Buch des Engländers Francis Godwin (1562–1633) «The Man in the Moon», das zwischen 1599 und 1603 geschrieben und 1638 erschienen ist. Und von Fahrten zu den Reichen des Mondes und der Sonne erzählt jener geistreich-kecke Franzose Savinien Cyrano de Bergerac (1619 bis 1655), der wegen der enormen Größe und grotesken Form seiner Nase, die jedermanns Spottlust herausforderte, mehr als tausend Duelle ausgefochten hat. Dieser Cyrano de Bergerac nun ist es, der zum ersten Mal die Rakete in den Dienst seiner utopischen Weltraumfahrt stellt. Er erzählt in seiner «Histoire comique des etats et empires de la lune» (etwa 1642), daß er zunächst einen Flugapparat mit «Maientau» als tragende Kraft benutzt habe. Als diese Maschine in Kanada abgestürzt sei, hätten Soldaten ihren Schabernack mit ihr treiben und sie zu einem Feuerwerk benutzen wollen. An dem Kasten, so schildert es Cyrano, befestigten sie unten reihenweise eine Menge Signalraketen, und zwar so, daß jeweils eine Reihe nach der anderen mittels einer Zündschnur gezündet werden



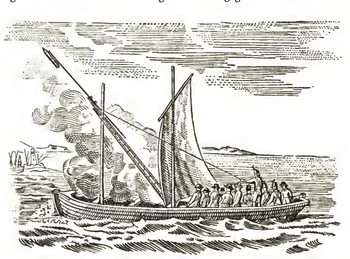
Die Weltraumrakete von heute und den Warmluftballon der Brüder Montgolfier von 1783 hat der geistreiche Franzose Cyrano de Bergerac schon 1642 vorausgeahnt

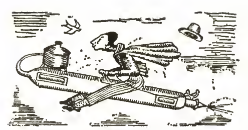


Congreve-Raketen wurden zu Lande und von Schiffen aus eingesetzt

konnte. Cyrano stürzt sich gerade noch rechtzeitig auf seine Maschine und wird mit ihr durch den Raketenrückstoß in die Lüfte gerissen – bis hinauf zum Mond. Ein Dichter also ist es, dem erstmals der Gedanke der Weltraumfahrt mit Hilfe der Rakete gekommen ist.

45 Jahre später gibt Isaac Newton in seiner «Philosophiae naturalis principia mathematica» von 1687 die wissenschaftliche Formulierung des Rückstoßprinzips, und abermals ein Jahrhundert später taucht die Rakete auch wieder als Kriegsinstrument auf: Die Briten lernen sie in Indien bei den Kämpfen gegen Haidar Ali und Tippu Sahib kennen und übernehmen die Waffe. 1801 wird unter William Congreve (1772–1828) das «Royal Rocket Corps» gegründet. Bei der Beschießung von Kopenhagen durch die britische Flotte im Jahre 1806 fielen 25 000 Raketen auf die dänische Hauptstadt, und auch in der Schlacht von Leipzig 1813 wirkte britische Raketen-Artillerie mit, bis um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts das präzise schießende Geschütz mit gezogenem Lauf die nur recht ungenau ins Ziel gehende Rakete verdrängte. Erst unsere Zeit hat dann die Brauchbarkeit des Raketen-Antriebs zur Überbrückung weiter Entfernungen erkannt – abermals zunächst leider nur für kriegerische Zwecke. So wäre die Geschichte der Rakete nichts anderes als ein Beispiel mehr dafür, wieviel menschlicher Witz auf die Erfindung und Fortentwicklung zerstörenden und todbringenden Kriegsgeräts verwendet wird,



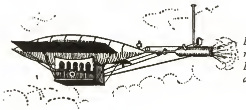


«Dampfpferd, auf dem man in einer Stunde von Paris nach St. Petersburg reiten kann.» Karikatur auf das utopische Projekt eines Dampfrückstoß-Luftschiffes von Charles Golightly (1841)

wenn nicht einige alte Urkunden davon zu erzählen wüßten, daß man versucht hat, die Rakete außer zu Kriegszwecken und zu fröhlichem Feuerwerk auch zu friedlicher Nutzung zu verwenden: 1821 wurde die Raketen-Harpune für den Walfang erfunden, und seit den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts schießt man mit Raketen Rettungsleinen von der Küste zu gestrandeten Schiffen hinüber – mehr als 20000 Menschen sind auf diese Weise vom Tode des Ertrinkens in den Fluten gerettet worden.

Die steil in die Höhe führende Flugbahn von Feuerwerksraketen mag denn auch zu dem Einfall geführt haben, sie zum Antrieb eines Fahrzeugs zu benutzen, mit dem man sich in die Luft erheben könne. Der erste, der diesen Gedanken gehabt und in die Tat umzusetzen versucht hat, war ein sonst unbekannt gebliebener chinesischer Mandarin: «Mandarin Wan Hu» – so erzählt Willy Ley in seinem Buch «Vorstoß ins Weltall» – «verübte einen recht ungewöhnlichen Selbstmord etwa im Jahr 1500 n. Chr., indem er ein frühes Raketen-Flugzeug baute. Er verband zwei große chinesische Drachen mit einem Sattel und brachte unter den Flächen der Drachen und sogar unter dem Sattel selbst 47 große Pulverraketen an. 47 Kulis standen mit brennenden Fackeln bereit, diese 47 Raketen auf ein Signal ihres Herrn anzuzünden. Der gelehrte und auf jeden Fall recht mutige Mandarin nahm dann Platz auf dem Sattel und gab das Signal. Die Kulis rannten mit ihren Fackeln vorwärts, und Drachen, Mandarin und mehrere Kulis verschwanden für immer in einer großen schwarzen Rauchwolke.»

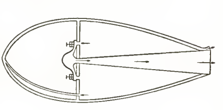
Man hat auch später daran gedacht, Luftschiffe und Flugzeuge mit Raketen anzutreiben, wie manche heute rührend-komisch anmutende Darstellung aus dem vorigen Jahrhundert zeigt. Um 1830 ließ sogar ein



Das Raketenluftschiff des amerikanischen Erfinders Sumter B. Battey ist nie geflogen, sondern Utopie geblieben

Feuerwerksmeister Claude Ruggieri in Paris mit Mäusen und Ratten «bemannte» Raketen aufsteigen; die lebenden Passagiere kehrten mit Hilfe von Fallschirmen unversehrt zur Erde zurück. Ein bereits angekündigter Versuch, einen jungen Mann von einer großen Rakete in die Höhe tragen zu lassen, wurde von der Polizei verboten; der «junge Mann», Wilfried de Fonvielle, damals erst elf Jahre alt, wurde später ein berühmter Freiballonfahrer. Es bedurfte aber erst der mächtigen Entwicklung, die der Bau von Großraketen in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts nahm, ehe dieser Versuch wirklich unternommen werden konnte.

Schon 1903 schreibt der russische Forscher Ziolkowski, seine Berechnungen hätten ergeben, daß ein Weltraumflug mit einem raketenähnlichen «Reaktivgerät» möglich sei. Überraschend modern mutet seine schematische Zeichnung an: Oben die Kabine, links die Behälter für flüssigen Wasserstoff, rechts für flüssigen Sauerstoff. Die Treibstoffe werden durch Pumpen zur Brennkammer geleitet



Drei Männer sind es, deren Namen die Geschichte der modernen Großraketen einleiten: ein Russe, Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857 bis 1935), ein Amerikaner, Dr. Robert Hutchins Goddard (1882–1945), und ein Deutscher, Hermann Oberth (* 1894) aus Hermannstadt in Siebenbürgen. Oberth war es, der als erster wirklich den Weg wies, auf dem man Fahrzeuge bauen konnte, geeignet, den Bannkreis der Erdenschwere zu überwinden und hinaus in den Weltenraum zu fliegen. Was in Kurd Laßwitz' Mars-Roman «Auf zwei Planeten» (1897) dichterische Ahnung war, was bei den Phantasien des Berliner Erfinders Hermann Ganswindt von 1891 und bei den Überlegungen und Versuchen des Russen Ziolkowski genialische Utopie bleiben mußte, das wurde in Oberths Büchern «Die Rakete zu den Planetenräumen» von 1923 und «Wege zur Raumschiffahrt» von 1929 zur mathematisch und physikalisch wohlfundierten Theorie.

Oberths begeisterte Schüler, an ihrer Spitze der 1895 geborene Max Valier, der 1925 den «Vorstoß in den Weltenraum» phantasievoll geschildert hat und am 17. Mai 1930 bei einer Versuchsfahrt mit einem Raketenauto den Tod fand, und Wernher Freiherr von Braun (* 1912), haben dann der Flüssigkeitsrakete den Weg zum Sieg gebahnt, immer in Gedanken an das Ziel der Weltraumfahrt auch dann, wenn sie ihre Ideen der Kriegsmaschinerie zur Verfügung stellen mußten. Mit dem ersten Aufstieg eines A-4-Gerätes am 3. Oktober 1942 von Peenemünde auf der pommerschen Insel Usedom begann dann das Zeitalter der Groß-

DIE RAKETE ZU DEN PLANETENRÄUMEN

VON

HERMANN OBERTH

§ 1. Einleitung.

1. Beim heutigen Stande der Wissenschaft und der Technik ist der Bau von Maschinen möglich, die höher steigen können, als die Erdatmosphäre reicht.

2. Bei weiterer Vervollkommnung vermögen diese Maschinen derartige Geschwindigkeiten zu erreichen, daß sie — im Ätherraum sich selbst überlassen — nicht auf die Erdoberfläche zurückfallen müssen und sogar imstande sind, den Anziehungsbereich der Erde zu verlassen.

3. Derartige Maschinen können so gebaut werden, daß Menschen (wahrscheinlich ohne gesundheitlichen Nachteil) mit emporfahren können.

4. Unter gewissen wirtschaftlichen Bedingungen kann sich der Bau solcher Maschinen lohnen. Solche Bedingungen können in einigen Jahrzehnten eintreten.

In der vorliegenden Schrift möchte ich diese vier Behauptungen beweisen. Ich werde dabei zuerst einige Formeln ableiten, die uns rein theoretisch über die Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit dieser Maschinen den nötigen Aufschluß geben, in einem zweiten Teil werde ich zeigen, daß ihr Bau technisch durchführbar ist, in einem dritten Teil endlich werde ich auf die Aussichten der Erfindung zu sprechen kommen.

Ich war bestrebt, mich k-
Ableitungen und Forme'
indem ich für -
matisch '

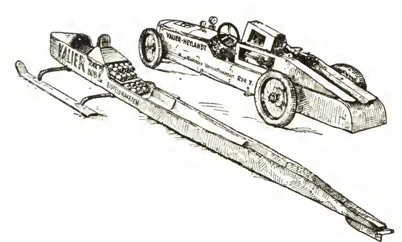
MÜNCHEN UND BERLIN 1925
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

Titelblatt, grundlegende Thesen und Skizze einer Mehrstufenrakete aus Oberths richtungweisendem Werk von 1923

raketen. Rund 4 t 75prozentiger Alkohol, mit 5 t reinem flüssigem Sauerstoff binnen knapp einer Minute im «Ofen» der V 2 verbrannt, gaben dem Gerät den nötigen Schub.

Damals, als in Deutschland Hunderte von Raketentypen als Nahkampfwaffen, als Flugzeugabwehrgeschosse, als Fernartillerie und als Flugzeugantrieb erprobt wurden, damals ist auch der erste Mensch mit einer Rakete in den Himmel geschossen worden. Vorher freilich waren schon Flugzeuge mit Raketen-Antrieb erprobt worden: Im Sommer 1939 flog die Heinkel He 176, ein reines Raketenflugzeug, und im Herbst 1943 starteten die ersten Messerschmitt Me 163 «Komet». Und doch waren das schließlich nichts anderes als Flugzeuge mit neuartigem Antrieb. Ein bemanntes Raketengeschoß aber, in Form und Flug jenen Projekten ähnlich, wie man sie sich seit Oberths Arbeiten als Raumschiff-Raketen vorstellte, stieg zum ersten Male zu Anfang des Jahres 1945 auf.

Unter den vielen Raketentypen, die damals unter Bezeichnungen wie «Rheintochter», «Wasserfall», «Föhn», «Taifun» zur Abwehr der Bomberströme konstruiert und erprobt wurden, befand sich auch das Gerät «Natter». Diese zwei Tonnen wiegende, mit kurzen Stummelflügeln in der Mitte und einem Leitwerk am Ende ausgerüstete Rakete sollte senkrecht – wie die berühmte A 4 (V 2) – starten; das Startgerüst war ein Holzbau. Den Antrieb bildete ein Walter-Triebwerk für flüssigen Treibstoff, das beim Start durch vier Pulver-Schubraketen unterstützt wurde. In der Plexiglas-Kuppel des Kopfes sollte der Pilot sitzen, die «Natter» nach ihrem senkrecht aufwärts führenden Start in die horizontale Angriffsstellung und an den Feind bringen, dort 24 Raketengeschosse auslösen und sofort im Sturzflug abdrehen, bis in 400 m Höhe das Gerät ausgleiten und schließlich durch einen vom Piloten zu betätigenden Hebel in drei Teile zerlegt werden sollte: Der wertlose Holzrumpf stürzte dann ab, während der Pilot und das Treibwerk mit je einem Fallschirm zur Erde zurückkehren würden.



Erste tastende Schritte zum Raketenflug: Valiers Raketenschlitten (mit Pulverraketen, 1928) und sein Raketenauto (mit Flüssigkeitsrakete, 1930)

Am 1. März 1945 wurde – übereilt – zum ersten Male eine bemannte «Natter» gestartet; Luftwaffenleutnant Lothar Sieber war der erste Mensch, der in einer senkrecht aufsteigenden Rakete saß und dabei das erste Opfer der Raketenfahrt wurde. Die unerhörte Belastung der plötzlichen Beschleunigung beim Start hat Sieber offenbar noch ausgehalten, denn die «Natter» machte zunächst genau jene gesteuerten Flugbewegungen, die ihr Pilot zuvor mit dem Leiter des Versuchs verabredet hatte. Dann aber begann die Katastrophe damit, daß die Plexiglas-Haube wegflog – zehn Kilometer vom Startplatz entfernt stürzte nach 55 Sekunden Flugzeit die «Natter» ab, Gerät und Pilot wurden zerschmettert. Lothar Sieber, der in Stetten am Kalten Markt, auf der württembergischen Hardt, seine letzte Ruhestätte gefunden hat, der Mann, der zum ersten Mal in der Fluggeschichte mit einer Rakete aufgestiegen ist, wird mit seiner Tat in der Geschichte der Weltraumfahrt ebenso unsterblich bleiben, wie Lilienthal in die Historie der Luftfahrt eingegangen ist.

An dem Tag, an dem erstmals ein Mensch in einer Mehrstufenrakete sich hinauswagen wird ins All – und dieser Tag dürfte nicht mehr allzu fern sein –, wird man nicht nur der Utopisten und der großen Pioniere der Weltraumfahrt gedenken, sondern auch des mutigen jungen Menschen, der sein Leben hingeben mußte für den ersten Senkrechtstart in einer Rakete.

Mit der Prometheustat des Feuergewinns beginnt das, was wir Technik nennen, die bewußte Bewältigung der Natur und ihrer Kräfte durch den Menschen und für den Menschen. Den langen Weg der Technikgeschichte sind wir nachgegangen, haben dort länger, an anderer Stelle kürzer verweilt, sind auf breiten Straßen schnellen Fortschritts vorangeeilt, sind manchem mühsamen Umweg, manchem blind endenden Holzweg gefolgt. Und wo stehen wir nun?

Wir stehen in einer Zeit, in der die Technik ihren Anspruch, unser Schicksal zu sein, zum Ausdruck bringt: Automation ist die angebliche Zauberformel, die Technik der «dritten industriellen Revolution» mit höchstentwickelten Rechen- und «Denk»maschinen, die in Sekundenschnelle und mit unfehlbarer Sicherheit mathematische und logistische Operationen durchexerzieren, mit vollautomatisierten, von raffinierten Steuer- und Regelmechanismen gelenkten Fabriken, bedient von einigen wenigen hochspezialisierten Fachleuten. Die Wurzeln dieser Entwicklungslinie haben wir kennengelernt. Ihre Wurzeln liegen bei den Rechenmaschinen des Barock und des Amerikaners Babbage, beim Jacquard-Webstuhl und der Hollerith-Karte, in der scheinbar so lebensfernen Wissenschaft des logischen Kalküls, in der Elektronentechnik, die erst in den vierziger Jahren den Bau von ungewöhnlich schnell arbeitenden Großrechenanlagen gestattete (die erste: ENIAC, 1942–1946, in den USA entwickelt von H. Mauchly und I. P. Eckert) und in der bewußten Anwendung von Erkenntnissen biologischer Regulationsmechanismen auf die Technik, in jener ganz jungen Wissenschaft also, die wir mit dem amerikanischen Mathematiker Norbert Wiener (* 1894) Kybernetik nennen. Wohin diese «Übertechnik» eines Tages führen kann, mag man daraus ermessen, daß der geniale, viel zu früh verstorbene Mathematiker Johann von Neumann (1903–1957) bereits eine Theorie von Automaten mit der Fähigkeit, ihresgleichen zu erzeugen, sich also wie Lebewesen «fortzupflanzen», aufgestellt hat.

Eine neue technische Welt entsteht unter unseren Augen. Es ist eine Welt der auf der Retorte gewonnenen «Kunststoffe», die in Großsynthesen riesiger Dimensionen fabriziert werden – nach jenem Vorbild, das Carl Bosch (1874–1940) und August Mittasch (1869–1953) im Jahre 1913 mit der Ammoniak-Synthese in Oppau und Leuna gegeben haben. Es ist eine Zeit immer dichter, immer schneller werdenden Verkehrs auf den Straßen, in der Luft, auf dem Wasser. Dem Verkehrschaos in den Städten versucht man mit neuen Verkehrsmitteln entgegenzutreten, etwa mit der Einschienen-Alweg-Bahn des schwedischen Industriemagnaten Axel Wenner-Gren (s. Tafel S. 156). Auch diese Schnellbahn, im wesentlichen eine

Konstruktion von Dr.-Ing. Josef Hinsken und Dipl.-Ing. Georg Holzer, hat ihre «Ahnen». Die bekannteste ist die Wuppertaler Schwebebahn von 1901; aber da gibt es noch andere, heute längst vergessene: Des Engländers Robinson Palmer noch von Pferden gezogene Einschienenbahn von 1826, der ähnliche, nun aber mit Dampf betriebene in Irland (Behr 1888), in Amerika (Meigs 1888), in Berlin (Brennan 1910) folgten. Die letzte Konstruktion ist nicht nur interessant, weil sie der bekannte Zeitungsverleger August Scherl förderte, sondern weil die auf der Schiene «stehende» Bahn mit Kreiseln stabilisiert wurde, ähnlich den Raketen unserer Tage. Die Zeit ist über diese Projekte und Experimente ebenso hinweggegangen wie über Franz Kruckenbergs «Schienenzeppelin» von 1929.

Wie ein neuer – und im Grunde doch alter – technischer Gedanke die Lösung bringen soll für die Entlastung des Großstadtverkehrs, so erwartet man sich eigentlich für alle Sorgen des Alltags zum mindesten Hilfe und Entlastung, wenn nicht Befreiung durch die Technik. Man denke doch nur an die Technisierung des Haushalts. Was noch vor wenigen Jahren «von Hand» gemacht wurde, das tun nun Maschine und Motor – vom Staubsauger über die Wasch- und Geschirrspülmaschine, den Mixer bis zum vollautomatischen Hochfrequenz-Herd und zur sich selbst regulierenden Klimaanlage. Und zum Fotoapparat, zum Plattenspieler, zum Radio, zum Fernseher tritt in immer stärkerem Maße als «Konserve» für alles, was sonst flüchtig dem Ohr enteilen würde, das Magnetband. Auch das Magnettonverfahren hat seine Vorgeschichte: Schon 1888 veröffentlichte Oberlin Smith in der Zeitschrift «The Electrical World» einen von ihm allerdings nicht realisierten Vorschlag, «Drähte, Stahlbänder oder Fäden und Schnüre aus Baumwolle oder Seide mit darin eingelagerten magnetisierbaren Stoffen (Stahlstaub)» als Tonträger zu verwenden, und zehn Jahre später baute Valdemar Poulsen sein «Telegraphon» mit magnetisiertem Stahldraht, das sogar im Telegraphendienst verwendet wurde, dann aber in Vergessenheit geriet. Erst mit dem Aufkommen der Verstärkerröhre konnte dann das Magnettonverfahren Wirklichkeit werden, zuerst als «Blattnerphon» von E. Blattner und Ulrich Stille 1929/1930, dann als «Stahltonmaschine» der Lorenz A.G. 1934 und schließlich als Hochfrequenz-«Magnetophon» der AEG 1939 (v. Braunmühl und Heinrich Weber), dem weitere Konstruktionen gefolgt sind. Und das gleiche mit Eisenpulver beschichtete Kunststoffband, das uns Gespräche, Diktate, Musik speichert, wird nun auch schon im Magnetbildverfahren als «Bildkonserve» benutzt.

Die Technik aber, die uns all die kleinen und großen Ärgerlichkeiten des täglichen Lebens leichter zu tragen hilft und uns – wenn wir nur

recht mit ihren Gaben umzugehen wissen – die Stunden der Muße verschönt –, die gleiche Technik greift zugleich hinaus in den Kosmos. Schon rechnen die Avantgardisten der Weltraumfahrt an Plänen für Raketen, die, von Photonenstrahlen getrieben, mit nahezu Lichtgeschwindigkeit die Tiefen des Alls durchjagen sollen (Eugen Sänger, * 1905). Auf dem Weg zu diesem vorerst noch hypothetischen Raumschiff mit Antrieb durch die Korpuskeln des Lichts aber wird sicherlich die mit Atomenergie arbeitende Rakete liegen.

Atomenergie, Kerntechnik: Damit sind wir beim zweiten großen Leitwort der Technik unserer Zeit. Die geistesgeschichtlichen Wurzeln der Kernphysik und -chemie von heute reichen weit zurück, bis nach Hellas, wo Demokrit (460–370 v. Chr.) und Epikur (341–270 v. Chr.) über die letzten unteilbaren Bausteine des Alls, die «atoma», nachdachten, ebenso wie mittelalterliche Scholastiker über die «minima naturalia» spekulierten. Für die Technikgeschichte wichtig ist aber nicht der Atombegriff der Philosophen, nicht die Atomtheorie der Chemiker, und in eine Technikhistorie gehört auch nicht die wahrhaft dramatische Geschichte des Vorstoßes der Physik des 20. Jahrhunderts ins Innere des Atoms. Die Kerntechnik hebt an mit der Entdeckung der Uranspaltung durch Otto Hahn (* 1879) und seinen Mitarbeiter Fritz Straßmann (* 1902) im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin-Dahlem, an einem Novembertag des Jahres 1938 (s. Tafel S. 423). Otto Hahn selbst weiß sich des genauen Datums nicht mehr zu erinnern.

Mit dieser Entdeckung der Uranspaltung beginnt das eigentliche Zeitalter der Gewinnung von Energie aus Atomen, aus Atomkernen. Die erste wissenschaftliche Veröffentlichung findet sich in der Zeitschrift «Die Naturwissenschaften», 27. Jahrgang 1939, Heft 1, Seite 11 und lautet: «Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle», von O. Hahn und F. Straßmann, Berlin-Dahlem, eingegangen am 22. Dezember 1938. Im gleichen Jahrgang der «Naturwissenschaften», Heft 6, Seite 89, berichten beide Forscher dann aber bald schon auch über den «Endgültigen Beweis für das Entstehen von Barium aus Uran». Diese, am 28. Januar 1939 eingegangene Arbeit trägt den Titel «Nachweis der Entstehung aktiver Bariumisotope aus Uran und Thorium durch Neutronenbestrahlung; Nachweis weiterer aktiver Bruchstücke bei der Uranspaltung». Und hier findet sich bereits ein Hinweis auf die physikalische Deutung dieser epochemachenden Entdeckung: «Während des Niederschreibens unserer letzten Versuche erhielten wir die Manuskripte zweier, in der ‚Nature' erscheinenden Mitteilungen von Lise Meitner und O. R. Frisch von den Verfassern freundlichst zugesandt. Meitner und Frisch haben darin das

Zerplatzen des Uran- und des Thoriumkerns in je zwei ungefähr gleich große Bruchstücke, zum Beispiel Barium und Krypton, diskutiert und die Möglichkeit eines solchen Vorgangs auf Grund des neueren Bohrschen Tröpfchenmodells der Atomkerne festgestellt. O. R. Frisch hat auch bereits einen experimentellen Beweis für das Auftreten solcher sehr energiereicher Bruchstücke beim Bestrahlen des Urans und des Thoriums mit Neutronen festgestellt.» In der Arbeit selbst aber findet sich noch eine weitere, ungemein wichtige Bemerkung: «Da eine Aufspaltung nach den Atomgewichten ... offensichtlich nicht vorliegt, konnte man an eine Aufspaltung nach den Ordnungszahlen denken, wobei dann gleichzeitig eine Anzahl von Neutronen emittiert (ausgesandt) werden könnten.»

Die nächste Arbeit von Hahn und Straßmann («Über die Bruchstücke beim Zerplatzen des Urans») erbringt dann tatsächlich den Nachweis, daß die Aufspaltung «nach den Ordnungszahlen» erfolgt, denn sie schließt: «Das Zerplatzen des Urans in Xenon- und Strontiumisotope wurde experimentell bewiesen» (Naturwissenschaften, Jahrgang 27, Seite 163).

Schon die ersten Berechnungen, wie die von Frau Professor Meitner – sie war Mitarbeiterin von Professor Hahn gewesen, hatte aber 1933 emigrieren müssen – und Frisch, ergaben, daß diese Spaltvorgänge, die das Uran-Atom in zwei Teile auseinanderrissen, unwahrscheinlich große Energiebeträge freisetzten – millionenmal größer als die, wie sie etwa bei der Verbrennung gleicher Mengen von Kohle entstehen (die als Reaktion der Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff zur Verbindung Kohlensäuregas ja ein mit Elektronenkräften arbeitender Vorgang ist). Noch wichtiger als diese Erkenntnis, die zum ersten Male die Aussicht eröffnete, die Energie der Atomkerne nutzen zu können, war die experimentelle Bestätigung dessen, was Hahn und Frisch bereits angedeutet hatten, daß nämlich beim Zerplatzen des Urans, ausgelöst durch ein Neutron je Kern, der Urankern nicht nur in zwei Bruchstücke auseinanderfliegt, sondern daß dabei, sozusagen als «Abfall», noch einige Neutronen «emittiert werden». Dieser Nachweis gelang noch im gleichen Jahr 1939 dem Pariser Frédéric Joliot und seinen Mitarbeitern Kowarski und v. Halban – immer noch freilich mit unwägbaren Mengen. Das aber eröffnete eine ganz neue Aussicht: «Gleich nachdem die Entdeckung der Zerspaltung von Urankernen sichergestellt war, wurde im Hahnschen Institut und wohl auch anderwärts die Frage aufgeworfen, ob bei einem so gewaltsamen Eingriff nicht auch einige Neutronen aus dem Kern ‚abgedampft' oder ‚abgesplittert' werden könnten? Die Frage wurde auch alsbald in Angriff genommen, da sie zu einer sehr interessanten Konsequenz führte: Wenn jedes Neutron, das eine Aufspaltung hervorruft, im Gefolge der

Aufspaltung zwei oder drei Neutronen frei macht, so muß es möglich sein, daß diese Neutronen ihrerseits wiederum neue Aufspaltungen anderer Urankerne herbeiführen und auf diese Weise ihre Zahl noch weiter vergrößert wird, so daß eine Kettenreaktion ohne Ende schließlich zu einer Umsetzung des ganzen in dem bestrahlten Präparat vorhandenen Urans führen kann.» Das hieße aber, daß, genügend große Mengen Uran vorausgesetzt, eine solche «Kettenreaktion» eine Lawine von wahrhaft ungeheuren Energiemengen aus dem Atomkern freisetzen müßte.

Die obigen Sätze stammen aus dem gleichen, wirklich historischen Band 27 (1939) der «Naturwissenschaften», und zwar aus einer Arbeit von Siegfried Flügge, der damals als theoretischer Berater am Dahlemer Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie arbeitete. Der Titel des Aufsatzes wirft zum ersten Mal ernsthaft die Frage auf: «Kann der Energiegehalt der Atomkerne technisch nutzbar gemacht werden?» Hier finden sich bereits alle Probleme der als Denkmöglichkeit erst wenige Monate alten «Technik der Atomenergie» angeschnitten. Da ist zunächst die Frage nach den frei werdenden Energiemengen: «Da die ... Überlegungen zeigen, daß es durchaus nicht ausgeschlossen ist, durch eine geeignete Versuchsanordnung eine Reaktionskette hervorzurufen, bei der das ganze Uran eines großen Blockes verbraucht wird, ist es zweckmäßig, sich einmal auszurechnen, wie groß zum Beispiel die Energiemenge ist, die freigesetzt wird, wenn in 1 m^3 U 308 (also in einem Kubikmeter Pechblende) alles vorhandene Uran restlos umgewandelt wird. 1 m^3 aufgeschüttetes U 308-Pulver wiegt 4,2 Tonnen und enthält 3.10^{27} Moleküle, also 9.10^{27} Uranatome (das sind 9000 Quadrillionen Atome!). Da je Atom rund ... 3.10^{-12} mkg frei werden, wird insgesamt ein Energiebetrag von 27.10^{15} mkg (das sind 27000 Billionen Meterkilogramm) freigesetzt, das heißt 1 m^3 U 308 genügt zur Aufbringung der Energie, welche nötig ist, um 1 km^3 Wasser (Gewicht 10^{12} kg) – eine Milliarde Tonnen! – 27 km hochzuheben! Da diese Energie ... ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen in einem Zeitraum von weniger als $^1/_{100}$ Sekunde in Freiheit gesetzt wird, ist die entscheidende Frage für die technische Anwendung des Reaktionsmechanismus, ob es gelingt, eine hinreichende Verzögerung herbeizuführen, die es ermöglicht, die Geschwindigkeit des Ablaufs nach Belieben zu steuern und herabzudrücken» – worüber ebenfalls bereits Angaben gemacht werden, da französische Untersuchungen gezeigt hatten, daß das Metall Kadmium Neutronen einfängt.

Der Gedanke, die riesigen Energiemengen vielleicht nicht nur in einem Kraftwerk arbeiten zu lassen («... die angegebene Uranmenge reicht aus, um ... 11 Jahre lang die ganze Leistung ... der auf Grund der mitteldeutschen Braunkohle arbeitenden Großkraftwerke ... zu ersetzen»!), sondern

ihre Explosivkraft als Machtmittel einzusetzen, wird in Flügges Aufsatz nicht einmal gestreift. Er weist lediglich (bevor er feststellt, «daß unsere gegenwärtigen Kenntnisse die Möglichkeit einer ‚Uranmaschine' der beschriebenen Art wahrscheinlich machen, daß aber das vorliegende Zahlenmaterial noch mit zu hohen Fehlergrenzen behaftet ist, um diese Möglichkeit zur Gewißheit zu verdichten») allzu ängstliche Gemüter darauf hin, daß sie keine Furcht zu haben brauchen, das Uran im Gestein könne einmal explodieren: «Im ganzen kann man sagen, daß das Auftreten einer Explosion in der Natur ein sehr unwahrscheinlicher Vorgang ist, da wir nirgends Anhäufungen von hinreichender Mächtigkeit bei zugleich hinreichender Abwesenheit stark Neutronen absorbierender (verschluckender und damit unwirksam machender) Stoffe vorfinden.»

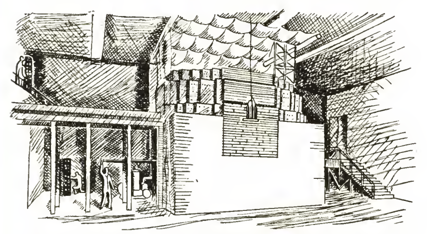
Schon ein Jahr darauf aber schreibt Bernhard Bavink in seinem glänzenden, die «Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften» meisterhaft zusammenfassenden Werk die prophetischen Worte: «Hier haben wir also erstmalig einen Vorgang, der bei geeigneter Leitung sich unter Umständen selbst nicht nur zu unterhalten, sondern sogar beschleunigen könnte; sogar ein explosives Ausarten derselben erscheint nicht ausgeschlossen, so daß die Frage ernsthaft diskutierbar geworden ist, ob auf diesem Wege die Atomenergie endlich nicht doch technisch ausnutzbar werden könnte. Leider steht allen dahingehenden Versuchen das große Bedenken im Wege, daß dabei vielleicht Wirkungen eintreten, die den unvorsichtigen Experimentator nicht nur, sondern unabsehbare Teile seiner Umgebung, ja unter Umständen die ganze Erde, in die Luft sprengen könnten. Auch der Gedanke an etwaige kriegerische Verwendungen solcher Mittel hat wenig Tröstliches.» Damals aber schrieb man 1940 – und es war bereits Krieg.

Es ist selbstverständlich, daß man auf beiden Seiten daranging, sich die Energie der Atomkerne nutzbar zu machen. Im gleichen Jahr 1942 war man in Deutschland wie in USA mit den theoretischen und praktischen Vorarbeiten soweit gediehen, daß man an den Versuch gehen konnte, eine erste «Uranmaschine» zu bauen. Die Geschichte «der Atomenergie und ihrer Verwertung im Kriege», soweit sie sich in USA, England und Kanada abgespielt hat, liegt schon seit Jahren vor; es ist das gleichnamige Buch von Henry DeWolf Smyth, der berühmte «Smyth-Report» vom August 1945: «Im März 1939, nur wenige Wochen nach der Entdeckung der Uranspaltung, wurde die US-Regierung auf die Möglichkeit einer militärischen Bedeutung der Uranspaltung aufmerksam gemacht ... Die erwarteten militärischen Vorteile der Uranbombe waren weit mehr in die Augen springend als die einer Uran-Energie-Anlage . . . Im Juni 1940 wurde das ‚National Defense Research Committee' gebildet ... Das wis-

senschaftliche Personal war begrenzt..., infolgedessen war es wirklich schwierig, zu entscheiden, in welchem Tempo man die Angelegenheit der Atombombe vorwärts treiben sollte. Die Entscheidung darüber wurde in häufigen Abständen während der folgenden vier Jahre revidiert ...» Bis Dezember 1941 war man so weit, daß man wußte, mit welcher Menge Uran man rechnen mußte, daß «die nutzbare Explosionsenergie pro kg Uran 200 bis 1000 Millionen Kilokalorien beträgt, also ungefähr 300 Tonnen Trinitrotoluol (der meistverwendete militärische Sprengstoff chemischer Art) äquivalent». Und «Ende 1942 war das Beschaffungsproblem im wesentlichen gelöst. Die Aussichten für die Bombe waren besser als ein Jahr zuvor. Im Frühjahr 1943 wurde ein vollständig neues Laboratorium in Los Alamos (Neu Mexiko) unter J. R. Oppenheimer errichtet mit dem Zweck, den Entwurf und die Konstruktion der Atombombe bis zum Stadium der Verwendung zu durchforschen. Das neue Laboratorium entwarf und konstruierte schließlich verwendbare Atombomben»... eine Waffe, von der selbst der Verfasser des Smyth-Report sagt, sie «übersteigt an möglicher Zerstörungskraft den wildesten nächtlichen Angsttraum der Einbildungskraft».

Während also jenseits des Ozeans alles auf das eine Ziel ausgerichtet wurde, mit Hilfe der Kettenreaktion des Urans «unabsehbare Teile in die Luft zu sprengen», auf das Ziel «Atombombe» also, war die Entwicklung in Deutschland anders; die authentischen Berichte darüber hat Professor Werner Heisenberg gegeben, einer der maßgebenden deutschen Atomphysiker: «Im Sommer 1942 wurde von den verantwortlichen Stellen in Deutschland beschlossen, auf den Versuch der Herstellung von Atombomben zu verzichten. Dieser Entschluß war sicher im Sinne der deutschen Kriegsführung konsequent. Denn, auch wenn dieser Versuch unternommen worden wäre, hätte er infolge der Überlastung der Industrie und der immer stärker werdenden Luftangriffe nicht zum Ziele geführt. Den an der Atomenergiearbeit beteiligten Forschern aber wurde durch diesen Entschluß die schwere moralische Entscheidung erspart, vor die sie durch den Befehl zur Erzeugung von Atombomben gestellt worden wären. Die Herstellung von Atombomben ist also in Deutschland nicht versucht worden.» Wohl aber hat «eine kleine Gruppe von Atomphysikern bis zum Kriegsende in Süd-Württemberg (in Haigerloch) in bescheidenem Umfange weitergearbeitet, um wenigstens eine Übersicht zu behalten über die Möglichkeiten, die sich bei der technischen Ausnützung der Atomenergie ergeben, und die technischen Probleme so weit gefördert, daß die Fertigstellung einer Uranmaschine nahe bevorstand und schließlich nur am Materialmangel scheiterte». Die erste «Uranmaschine» – das also, was heute Kernreaktor heißt – ist in den Vereinigten Staaten gelaufen. Der

Smyth-Report gibt folgende Beschreibung dieses heute schon historischen Atombrenners, der nüchtern «CP 1» hieß: «Die erste sich selbst aufrechterhaltende Kettenreaktions-Einheit wurde von Fermi und seinen Mitarbeitern im Herbst 1942 errichtet. Die schließlich gewählte Form kann man roh beschreiben als ein abgeplattetes Sphäroid ähnlich einem Türknauf. Man wünschte das Uran oder die Uranoxyd-Klumpen in einem kubischen Gitter, in Graphit eingebettet, anzuordnen. Folglich schnitt man den Graphit in ziegelförmige Stücke und schichtete diese in Lagen, von denen jede zweite Uranklumpen an den Ecken der Felder enthielt. Die kritische Größe (das ist die Uranmenge, bei der genügend Neutronen austreten, um die Reaktion in Gang zu bringen) wurde schon erreicht, als die Einheit auf drei Viertel derjenigen Höhe aufgeschichtet war, die sich bei den vorsichtigsten Schätzungen als nötig ergeben hatte. Die Einheit enthielt 5625 kg Metall. Da viel mehr Gitterpunkte als Metallbrocken vorhanden waren, wurden die übrigbleibenden mit komprimierten Oxydklumpen gefüllt. Zum Zweck der Regulierung und zu experimentellen Zwecken waren zehn Rinnen durch die ganze Einheit durchgehend angeordnet. Drei von ihnen nahe dem Zentrum wurden für Regulierungs- und Sicherheits-(Kadmium-)Stäbe benutzt. Um ferner das Experiment zu erleichtern, insbesondere die Entnahme der Proben, war eine Reihe der Graphitziegel, die Uran führten und nahe dem Zentrum der Einheit vorbeigingen, so angeordnet, daß sie vollständig aus der Erzeugungseinheit



Chicago, 2. Dezember 1942, 13.25 Uhr Central Standard Time = 19.25 Mitteleuropäischer Zeit: Der erste Kernreaktor der Welt, CP 1, läuft an. Eine neue Epoche der Menschheits- und Technikgeschichte hat begonnen

herausgestoßen werden konnten. Die ganze Graphitkugel ruhte auf einem Rahmenwerk aus Bauholz und stand auf dem Grund eines Sportplatzes unter der Westtribüne von Stagg-Field. Die Einheit wurde zum erstenmal am 2. Dezember 1942 in Betrieb gesetzt. Um die Einheit in Betrieb zu setzen, wurden alle Kadmiumstäbe bis auf einen herausgezogen. Der übrigbleibende Stab wurde dann ebenfalls langsam herausgezogen. Im Augenblick, in dem die kritischen Bedingungen erreicht wurden, begann die Intensität der von der Einheit ausgesandten Neutronen rapid zu steigen.» Bei der Inbetriebnahme ließ man den Uranbrenner nur mit «einer maximalen Energieproduktion von ungefähr $^1/_2$ Watt» (!) arbeiten. «Am 12. Dezember steigerte man die Intensität auf etwa 200 Watt, aber man hielt es nicht für ratsam, noch höher zu gehen, mit Rücksicht auf die Gefahr der Bestrahlung des Personals in dem Gebäude und in dessen Umkreis.»

Seit jenem 2. Dezember 1942, an dem der erste «Uran-Pile» angelaufen ist, sind erst zehn Jahre verflossen; inzwischen aber ist eine große Zahl von Reaktoren gebaut und in Betrieb genommen worden, zunächst für die Forschung oder für militärische Zwecke, dann aber auch für die Gewinnung von Energie. Seit dem 19. November 1951 wurde in Harwell, dem britischen Zentrum der Atomforschung, 80 Büros mit Warmwasser geheizt, das seine Wärme aus dem Atombrenner bezieht; die Leistung der Anlage betrug etwa 250000 Kilokalorien in der Stunde, und es wurden durch die Atomwärme jährlich 1000 Tonnen Kohle eingespart. Und am 20. Dezember 1951 brannten in der amerikanischen Reaktor-Versuchsstation in Arco (Idaho) die ersten vier Glühlampen mit Atomenergie. Am 27. Juni 1954 nahm ein kleines Kernkraftwerk nahe Moskau mit einer Leistung von 5000 Kilowatt den Betrieb auf, am 17. Januar 1955 lief das amerikanische Atom-Unterseeboot «Nautilus» zu seiner ersten Versuchsfahrt aus, und am 17. Oktober 1956 weihte Königin Elisabeth II. in Calder Hall den ersten Reaktor des ersten wirklichen, für eine Gesamtleistung von 184000 Kilowatt geplanten Kernenergie-Großkraftwerks ein (s. Tafel S. 423).

Aber schon bahnt die Forschung einer künftigen Technik neue Wege, schon sucht man, jene Atomkernreaktionen, die der Sonne seit vielen Jahrmillionen ihre Strahlungskraft geben und sie ihr vielleicht für abermals viele Jahrmillionen erhalten werden, unter die Gewalt des Menschen zu zwingen.

Vom Himmelslicht herunter, von der Sonne brachte Prometheus – so berichtet der Mythos – den Menschen das Feuer. In unseren Tagen erst ist die uralte Sage volle Wahrheit geworden: Die Menschheit hat heute die unvorstellbare Macht der Sonne- und Sternen-Energie in der Hand. Der

Münchner Physiker Walther Gerlach hat diese Geschichte von Prometheus für unsere Zeit zu Ende erzählt – in einer Rede, die er im Jahre 1948 vor der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gehalten hat:

«Als Prometheus den Menschen das Feuer gebracht hatte, schuf Zeus die Pandora, gab ihr eine Büchse mit allerlei Gaben für die Menschen und schickte sie zur Erde, von den Göttern und Göttinnen des Olymps mit allen weiblichen Eigenschaften versehen; die Neugier ließ sie vorzeitig die Büchse öffnen: Die Übel flogen in die Welt hinaus. Sie schloß bestürzt – die Hoffnung war in der Büchse der Pandora geblieben. Wir tragen heute noch diese Büchse der Pandora – in unserem Herzen lebt die Hoffnung, die Zuversicht, daß wissenschaftliche Entdeckungen, Fortschritte der Erkenntnis, wo sie auch immer liegen, letzten Endes doch zum Wohle der Menschen dienen. Was ein Mensch erschafft und dem anderen schenkt, darf nicht mehr vom Dritten zu aller Leid und Schaden mißbraucht werden. Jahrtausendelang haben die Menschen so gehandelt – Prometheus wurde an die Klippen geschmiedet.»

NAMEN- UND SACHREGISTER

C

D

N

O

P

T

BILDNACHWEIS

Archiv f. Kunst u. Geschichte, Berlin: 32, 47, 54 (1), 97, 155 (1), 156 (1) – Associated Press: 424 (1) – Austroflug 1954: 355 – Erich Bauer, Karlsruhe: 206 (1) – Karl Bauer, München: 33 – Beiträge zur Geschichte d. Technik, Bd. 18: 317, 319 (1) – Joseph Biller, München: 451 – British Features, Bonn: 137 (1), 423 (1) – Deutsches Museum, München: 36, 54 (1), 56, 87, 103, 113, 131, 137 (3), 140 (1), 143, 154 (3), 158, 166, 168, 205 (7), 206(1), 223 (3), 224 (2), 245, 249, 253, 308, 309, 311, 326, 329, 389, 395, 401, 406 (5), 423 (1), 424 (3), 438, 451, 467 – dpa: 35, 140 (1) – Fagus-Werk, Alfeld: 224 (1) – Peter Fischer, Köln: 35 – Ford, Köln: 137 (1) – General Motors, München 137 (1) – Gernsheim Collection, London: 406 (1) – Horst Hennig, München: 241, 475 (nach Melvin A. Miller) – Historisches Bildarchiv Lolo Handke, Bad Berneck: 128, 137 (1), 156 (3), 223 (2), 226, 229, 261, 293, 306 – Erika Hodurek, München: 45, 144, 151, 159, 177, 188, 201, 311, 467 – IBM: 424 (1) – Archiv Klinckowstroem: 39, 45, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 79, 110, 133, 159, 173, 175, 177, 181, 188, 199, 207, 208, 212, 220, 235, 237, 263, 299, 325 (3), 430, 437, 440, 461 (1), 462 (2), 464 (1) – Foto Kümmerl, Nürnberg: 53 – Federico Arborio Mella, Mailand: 17 – Pan American World Airways: 223 (1) – Ulrich Paterok, München: 50 (nach B. Neumann 1954), 146, 175, 321, 361 (nach Scientific American 1901), 409, 420, 443, 461 (nach W. Ley), 464 (1), 465 – roebild: 206 (1) – Adrian A. Senger, München: 63, 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 85, 118, 128, 131, 133, 167, 173, 181, 199, 207, 208, 212, 215, 226, 235, 237, 245, 261, 277, 293, 306, 325 (1), 329, 462 (2), 463 (2) – Siemens-Archiv, München: 155, 277 – Siemens-Schuckert: 53 – Steinkohlenbergbau-Verein, Essen: 54 (1) – Süddeutscher Verlag, München: 53 (1) – Gebr. Sulzer, Winterthur: 443 — Liselotte Teepe-Bölsche, München: 12, 13 — 15 u. 19 (nach R. Grahmann, 1956), 16, 20, 29, 31, 40, 44, 61, 185, 221, 244, 344, 350, 366, 367 — The Times, London: 261 — Twentieth Century Fox: 406 (1) — Verlagsarchiv: 34, 43, 53, 58, 81, 93, 99, 105, 134, 154, 162, 163, 166, 168, 179, 185, 189, 190, 193, 205 (1), 227, 231, 266, 273, 278, 279, 289, 312, 319 (1), 320 (2), 337, 346, 371, 392 (nach Berdrow), 398, 405 (1), 406 (1), 410, 464, 465, 466.







